

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«На правах рукопису»  
УДК 620.9:697.32

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Г.Б.Варламов  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 19 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Твердопаливна котельня на пелетах для постачання офісної будівлі в м. Києві»

Виконав: студент II курсу, групи ТП-81мп  
Мухін Олександр Вікторович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доц. Назарова І.О.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н. Каштанов С.Ф.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

(назва розділу)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**Пояснювальна записка**  
**до магістерської дисертації**  
**за освітньо-професійною програмою**

на тему: «Твердопаливна котельня на пелетах для теплопостачання офісної будівлі в м. Києві»

Київ-2019

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут**  
**імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»,

ОПП «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Г.Б.Варламов  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
Мухіну Олександр Вікторовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Твердопаливна котельня на пелетах для теплопостачання офісної будівлі у м. Києві»,

науковий керівник дисертації Назарова Ірина Олександрівна, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом дисертації 16.12.2019 р.

3. Об'єкт дослідження Твердопаливна котельня в м. Києві

4. Вихідні дані

1) Кількість офісних будівель – 1.

2) Характеристики одного будинку:

- розміри - 30х16х9 м<sup>3</sup>;

- кількість працівників – 300 людей;

3) Температурний графік теплової мережі – (70/55) °С.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1) Розрахувати теплові навантаження споживачів.

2) Розрахувати теплову схему котельні.

3) Вибрати основне обладнання котельні.

4) Розробити схему та вибрати обладнання хімічної підготовки води котельні.

5) Розробити стартап-проект.

6) Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1) Теплова схема котельні – 1 арк.

2) Розміщення обладнання котельні – 4 арк..

3) Розміщення трубопроводів в котельні (плани, розрізи) – 4 арк..

7. Орієнтовний перелік публікацій – тези доповіді.

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С.Ф, доцент		

9. Дата видачі завдання 4.11.2019 р.

Календарний план

\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Теплові навантаження	08.11.2019 р.	
2	Теплова схема	13.11.2019 р.	
3	Вибір основного обладнання	15.11.2019 р.	
4	Водопідготовка	18.11.2019 р.	
5	Розробка стартап-проекту	27.11.2019 р.	
6	Охорона праці	29.11.2019 р.	
7	Креслення		
7.1	Теплова схема котельні	20.11.2019 р.	
7.2	Розміщення обладнання	25.11.2019 р.	
7.3	Розміщення трубопроводів	29.11.2019 р.	
8	Оформлення пояснювальної записки	04.12.2019 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

О.В. Мухін  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

І.О. Назарова  
(ініціали, прізвище)

## SUMMARY

Master's Thesis for Master's Degree in Educational-Professional Training Program on the topic: "Solid fuel pellet boiler room for heat supply of office building in Kyiv": 80 pages, 7 figures, 10 tables, 4 add., 13 sources, 9 drafts of A1 format.

The development object is an office building in Kiev.

Purpose - Construction of a boiler house for the purpose of uninterrupted heat supply of office building employees with hot water to the heating and hot water systems.

The calculations of heat losses for heating and hot water supply of office building are given.

The boiler thermal scheme was calculated, which resulted in the selection of the Kronas Prom Combi 150 kW boiler with a 97% load factor, the boiler air exchange calculation, which allowed to select the equipment for its heat supply, and the aerodynamic calculation of the flue gas pipe. gravity.

The basic equipment of the boiler house was calculated. Grundfos Pumps and Reflex Expansion Tanks were selected.

The Ecosoft FK 1.5 CE chemical treatment plant was selected, its characteristics were described, and its operation and wastewater pollution were calculated.

A start-up project has been developed, as a result of technical and economic calculations it is shown that the use of pellets as fuel compared to natural gas, gives an economic effect of 71 thousand UAH for one heating season. Technical solutions in boiler house operation were also given.

Potentially harmful and hazardous production factors in the operation of a solid fuel boiler operating on pellets have been analyzed. Measures and means of safety and labor protection of service personnel are defined.

The results of the work were implemented at the Institute of Technical Thermophysics of the NAS of Ukraine.

**KEYWORDS:** heating, hot water supply, heat loss, heat supply, boiler, pellets.

## **РЕФЕРАТ**

Магистерская диссертация на получение степени магистра по образовательно-профессиональной программе подготовки на тему: «Твердотопливная котельная на пеллетах для теплоснабжения офисного здания в г.. Киеве» 80 с., 7 рис., 10 табл., 4 доп., 13 источников, 9 чертежей формата А1.

Объект разработки - офисное здание в г.. Киеве.

Цель работы - Строительство котельной с целью бесперебойного теплоснабжения работников офисного здания горячей водой на системы отопления и горячего водоснабжения.

Приведенные расчеты потерь теплоты на отопление и горячее водоснабжение офисного здания.

Проведен расчет тепловой схемы котельной, в результате которого был избран котел «Kronas» Prom Combi мощностью 150кВт с коэффициентом загрузки 97%, расчет воздухообмена котельной, позволил подобрать оборудование для ее теплоснабжения, и аэродинамический расчет дымовой трубы, по которым было доказано требований ее Самотяга.

Проведен расчет основного оборудования котельной. Был избран насосы фирмы «Grundfos», и расширительные баки фирмы «Reflex».

Был избран химводоочистку установку фирмы «Ecosoft» FK 1,5 CE, приведены ее характеристики, был проведен расчет ее работы и загрязнения сточных вод.

Разработанный стартап-проект, в результате технико-экономических расчетов показано, что использование пеллет в качестве топлива по сравнению с природным газом, дает экономический эффект 71 тыс. Грн за один отопительный сезон. Также были приведены технические решения в работе котельной.

Проанализированы потенциально вредные и опасные производственные факторы при эксплуатации твердотопливной котельной, работающей на пеллетах. Определены меры и средства безопасности и охраны труда обслуживающего персонала.

Результаты работы внедрены в Институте технической теплофизики НАН Украины, апробация работы осуществлена докладом на XVII Международной научно-практической конференции «Использование биомассы в качестве топлива в муниципальном секторе Украины» в 2019 году с публикацией тезисов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** отопление, горячее водоснабжение, тепловые потери, теплоснабжения, котел, пеллеты.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: «Твердопаливна котельня на пелетах для теплопостачання офісної будівлі у м. Києві»: 80 с., 7 рис., 10 табл., 4 дод., 13 джерел, 9 креслеників формату А1.

Об'єкт розробки – офісна будівля в м. Києві.

Мета роботи – Будівництво котельні з метою безперебійного теплопостачання працівників офісної будівлі гарячою водою на системи опалення та гаряче водопостачання.

Наведені розрахунки втрат теплоти на опалення та гаряче водопостачання офісної будівлі.

Проведено розрахунок теплової схеми котельні, внаслідок якого було обрано котел «Kronas» Prom Combi потужністю 150кВт з коефіцієнтом завантаження 97%, розрахунок повітрообміну котельні, що дав змогу підібрати обладнання для її теплопостачання, та аеродинамічний розрахунок димової труби, за яким було доведено виконання вимог її самотяги.

Проведено розрахунок основного обладнання котельні. Було обрано насоси фірми «Grundfos», та розширювальні баки фірми «Reflex».

Було обрано хімводоочисну установку фірми «Ecosoft» FK 1,5 CE, наведено її характеристики, було проведено розрахунок її роботи та забруднення стічних вод.

Розроблений стартап-проект, в результаті техніко-економічних розрахунків показано, що використання пелет як палива у порівнянні з природним газом, дає економічний ефект 71 тис. грн за один опалювальний сезон. Також були наведені технічні рішення у роботі котельні.

Проаналізовано потенційно шкідливі та небезпечні виробничі фактори при експлуатації твердопаливної котельної, що працює на пелетах. Визначено заходи і засоби безпеки та охорони праці обслуговуючого персоналу.

Результати роботи упроваджені в Інституті технічної теплофізики НАН України, апробація роботи здійснена доповіддю на XVII Міжнародній науково-практичній конференції «Використання біомаси як палива в муніципальному секторі України» у 2019 році з публікацією тез.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** опалення, гаряче водопостачання, теплові втрати, теплопостачання, котел, пелета.

## **ЗМІСТ**

Перелік умовних позначень, символів, скорочень, термінів .....	9
Вступ.....	11
1 Теплові навантаження на котельню .....	13
1.1 Витрати теплоти на опалення .....	13
1.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання.....	18
1.3 Висновки з розділу 1 .....	19
2 Розрахунок теплової схеми котельні.....	20
2.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні .....	20
2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні.....	21
2.3 Розрахунок повітрообміну котельні.....	29
2.4 Аеродинамічний розрахунок димової труби.....	30
2.5 Висновки з розділу 2.....	35
3 Вибір основного обладнання .....	36
3.1 Вибір насоса в межах водогрійного котла.....	36
3.2 Вибір розширювального баку системи опалення .....	41
3.3 Висновки з розділу 3.....	43
4 Водопідготовка.....	44
4.1 Характеристика водопом'якшувальної установки FK 1,5 SE .....	45
4.2 Розрахунок установки хімводоочистки .....	48
4.3 Розрахунок забруднених стічних вод у процесі регенерації фільтрів .....	51
4.4 Висновки з розділу 4.....	51
5 Розробка стартап-проекту .....	52
5.1 Техніко-економічний розрахунок.....	53
5.2 Технічні рішення.....	55
5.3 Висновки з розділу 5.....	58
6 Охорона праці.....	59
6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації енергетичного і технологічного устаткування котельні.....	60

6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії.....	64
6.3 Долікарська допомога.....	68
6.4 Висновки з розділу 6.....	74
Висновки .....	75
Список використаної літератури .....	76
Додатки	
Додаток А	
Технічне завдання на проектно-конструкторську розробку .....	77
Додаток Б	
Акт впровадження результатів магістерської дисертації .....	78
Додаток В	
Результати перевірки на антиплагіат .....	79
Додаток Г	
Список наукових праць.....	80



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

### Умовні позначення

$Q$  – тепловий потік;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі;

$F$  – площа поверхні;

$P$  – тиск;

$t$  – температура;

$L$  – довжина;

$V$  – об'єм;

$n_o$  – тривалість опалювального періоду;

$G$  – витрата;

$H$  – напір;

$\rho$  – густина;

$C$  – теплоємність;

$k$  – коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення;

$\alpha$  – безрозмірна величина;

$\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного тертя;

$\omega$  – швидкість;

$f$  – площа поперечного перерізу каналу;

$k_e$  – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби

$d'$  – внутрішній діаметр трубопроводу, см

$\xi$  – коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу;

$d_e$  – еквівалентний діаметр каналу;

$\nu$  – кінематична вязкість.

### Індекси

Нижні:

о – опалення;

мах – максимальний;

сер – середній;

вн – внутрішній;

р – розрахункова;

п – повітря;

Верхні:

л – літній період;

мах – максимальний;

гв – гаряча вода;

в – відпуск;

ном – номінальна;

м – мережна.

### Скорочення

ОВ – опалення та вентиляція

ГВП – гаряче водопостачання;

СО – система опалення;

ДБН – державні будівельні норми

ДСН - державні санітарні норми

## **ВСТУП**

З ростом індустріального виробництва в світі продовжується ріст споживання енергії, яка необхідна для виробництва все більшої кількості товарів та продуктів. Як наслідок, відбувається інтенсивне вичерпання запасів викопних видів палива та зростання викидів ПГ, які за оцінками експертів можуть призвести до зростання глобальної температури на 6 °С протягом наступного століття.

Збереження навколишнього природного середовища та зменшення викидів парникових газів є ключовими проблемами світової спільноти. Для вирішення цих проблем за останнє десятиліття було прийнято ряд міждержавних документів та кліматичних угод, які закріпили за Україною екологічні зобов'язання та цілі щодо скорочення викидів парникових газів.

Як відповідальна держава, Україна взяла на себе ці зобов'язання та запропонувала свій офіційний шлях до досягнення поставлених цілей. Ключовим елементом успіху на цьому шляху є нарощування потужностей відновлюваної енергетики, зокрема широке залучення сільськогосподарської біомаси для виробництва теплової енергії та забезпечення гарячого водопостачання. Цьому активно сприяє проект ПРООН "Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні", який розпочав діяльність у листопаді 2014 року.

В системі опалення, скоротити витрати на забезпечення будинку необхідною кількістю тепла допомагає установка твердопаливного котла на пелетах.

З'явилися такі котли порівняно недавно, але вже встигли зайняти свою нішу на ринку котельного обладнання. Споживачів приваблює відносно невисока вартість пелетних котлів, доступність паливного матеріалу і простота обслуговування, за рахунок автоматизації процесу опалення. В якості палива використовуються пелети, що представляють собою гранули, що склалися з деревних відходів: пресованих деревних уламків, трісок, стружки.

Особливість пелет полягає в тому, що при їх згоранні виділяється тепла більше, ніж від ряду інших видів палива. Зокрема, при спалюванні 1 тонни цих матеріалів виділяється така ж кількість енергії, як при повному згорянні 1,6 тонн дерева, 480куб. метрів газу або 500л. дизпалива.

Завдяки цьому опалення пелетами може скласти конкуренцію іншим видам опалення (особливо опалення на дровах). І при цьому їх вартість не схильна до таких підвищень, як наприклад, вартість газу або дизельного палива. Все це призводить до збільшення числа приватних і громадських будівель, які використовують для свого обігріву деревні гранули.

В магістерській дипломній роботі розробляється влаштування твердопаливної котельні, що працює на пелетах, в м. Києві за наступними вихідними даними:

- 1 Населений пункт – м. Київ;
- 2 Тривалість опалювального періоду 176 діб;
- 3 Розрахункова для опалення  $t_{p.o} = -22^{\circ}\text{C}$ ;
- 4 Система теплопостачання – відкрита;
- 5 Температурний графік системи опалення –  $70/55^{\circ}\text{C}$  .

# 1 ТЕПЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ НА КОТЕЛЬНЮ

Кліматологічні дані міста Києва:

- а) тривалість опалювального періоду  $n_o = 176$  діб;
- б) температура зовнішнього повітря у холодний період року, °C:
  - розрахункова температура для опалення  $t_{p.o} = -22^\circ\text{C}$ ;
  - середня опалювального періоду  $t_{cp.o} = -0,1^\circ\text{C}$ ;
  - середня найбільш холодного місяця  $t_{cp.x.m} = -4,7^\circ\text{C}$ ;
- в) Геометричні дані будівель:
  - офісна будівля – 30х16х9;
  - котельна зала – 4,9х7,4х3,005.

## 1.1 Витрати теплоти на опалення

1.1.1 Визначення фактичних приведених опорів теплопередачі та загальних площ огорожувальних конструкцій.

- Стіни: з сілікатної цегли на важкому розчині, товщиною  $\delta_{ст} = 395$  мм, термічний опір складає:

$$R_{ст} = 0,61 \text{ м}^2\text{K/Вт}.$$

- Переkritтя: збірні залізобетонні панелі, утеплювач-шлак, товщина утеплювача 200, мм термічний опір складає:

$$R_{пер} = 1,14 \text{ м}^2\text{K/Вт}.$$

- Вікна: Подвійне застелення в дерев'яних сполучених переплітах, термічний опір складає:

$$R_{вік} = 0,34 \text{ м}^2\text{K/Вт}.$$

- Двері: металопластикові, клас енергоефективності згідно ДСТУ Б В.2.6-23:2009 – А2, термічний опір складає:

$$R_{дв} = 0,56 \text{ м}^2\text{K/Вт}.$$

- Підлога: підлога поділяється на 4 зони, ширина кожної з яких по 2 м див рис 1.1.

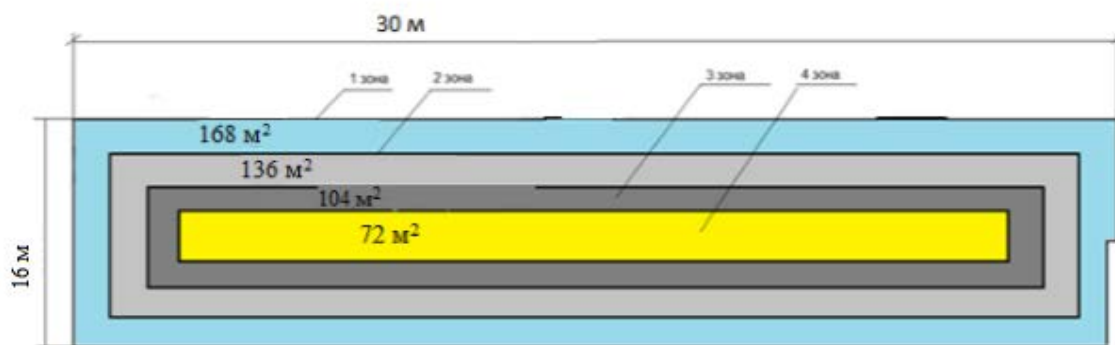


Рис. 1.1 – Поділ площі підлоги типової будівлі на зони

Загальна площа підлоги за умовою складає:  $F_{\text{під}} = 480 \text{ м}^2$

Тоді, визначені площі зон:

1 зона -  $F_{\text{під-1}} = 168 \text{ м}^2$ ;

3 зона -  $F_{\text{під-3}} = 104 \text{ м}^2$ ;

2 зона -  $F_{\text{під-2}} = 136 \text{ м}^2$ ;

4 зона -  $F_{\text{під-4}} = 72 \text{ м}^2$ ;

Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги (згідно з довідковою літературою [1]) складають:

- для першої зони -  $r_{\text{під-1}} = 2,15 \text{ м}^2\text{K/Вт}$  ;

- для другої зони -  $r_{\text{під-2}} = 4,3 \text{ м}^2\text{K/Вт}$  ;

- для третьої зони -  $r_{\text{під-3}} = 8,6 \text{ м}^2\text{K/Вт}$  ;

- для четвертої зони -  $r_{\text{під-4}} = 14,2 \text{ м}^2\text{K/Вт}$  .

Результати термічних опорів зведені до таблиці 1.1.

#### 1.1.2 Визначення теплових втрат типової будівлі, кВт.

$$Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{обг}} + Q_{\text{інф}} \quad (1.1)$$

де  $\sum Q_{\text{обг}}$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні та балконні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт [1];

$Q_{\text{інф}}$  – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення через нещільності в огороженнях, а також при провітрюванні приміщень (кВт).

Таблиця 1.1 – Термічні опори теплопередачі та площі зовнішніх огорожень.

Тип огороження	Термічний опір теплопередачі	Площа огорожувальної поверхні
----------------	------------------------------	-------------------------------

	R, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	F, м <sup>2</sup>
Стіни	0,61	570
Вікна	0,75	240
Двері	0,56	6
Підлога	2,15	168
	4,3	136
	8,6	104
	14,2	72
Перекрыття	1,14	520

1.1.3 Втрати теплоти через окремі огороження, кВт.

$$Q_{\text{обр.і}} = \frac{1}{R_i} \cdot F_i \cdot \Delta t_i \cdot \left(1 + \sum \beta_i\right) \cdot n_i \cdot 10^{-3} \quad (1.2)$$

де  $R_i$  – приведений опір теплопередачі і-го огороження, (м<sup>2</sup>·К)/Вт (див. табл.1.1);

$\Delta t_i$  – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям °С;

$n_i$  - поправка на розрахункову різницю температур, що залежить від геометричного положення огороження;

$\beta_i$  - додаткові втрати теплоти в частках до основних.

1.1.4 Розрахункова різниця температур, (°С)

Оскільки всі поверхи мають висоту менше ніж 4 м, то різниця температур розраховується за формулою:

$$\Delta t_1 = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}; \quad (1.3)$$

$$\Delta t = 20 - (-22) = 42 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

1.1.5 Додаткові втрати теплоти в частках до основних  $\sum \beta_i$ .

Вони залежать від швидкості вітру та її повторюваності.  $\sum \beta_i$  враховується тоді, коли швидкість вітру перевищує 4,5 м/с, а її повторюваність – більше за 15% [1]

При розрахунку теплових втрат для м. Київ для орієнтації огорожень у будь-якому напрямку (швидкість вітру менше, ніж 4,5 м/с –  $\sum \beta = 0$ ); [2]

1.1.6 Визначення теплових втрат через підлогу, кВт.

- для першої зони

$$Q_{\text{під-1}} = \frac{1}{2,15} \cdot 168 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 3,3 \text{ кВт};$$

- для другої зони

$$Q_{\text{під-2}} = \frac{1}{4,3} \cdot 136 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 1,33 \text{ кВт};$$

- для третьої зони

$$Q_{\text{під-3}} = \frac{1}{8,6} \cdot 104 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 0,51 \text{ кВт};$$

- для четвертої зони

$$Q_{\text{під-4}} = \frac{1}{14,2} \cdot 72 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 0,21 \text{ кВт};$$

- сумарні втрати теплоти через підлогу становлять:

$$Q_{\text{під}} = Q_{\text{під-1}} + Q_{\text{під-2}} + Q_{\text{під-3}} + Q_{\text{під-4}} = 3,3 + 1,33 + 0,51 + 0,21 = 5,35 \text{ кВт}.$$

#### 1.1.7 Втрати теплоти через зовнішні обгородження приміщення, кВт.

В моєму випадку коефіцієнт  $n = 1$  для вертикальних зовнішніх стін і  $n = 1$  для перекриття без даху.

$$Q_{\text{ст}} = \frac{1}{0,61} \cdot 570 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 39,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{вік}} = \frac{1}{0,34} \cdot 240 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 29,65 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{дв}} = \frac{1}{0,56} \cdot 6 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 0,45 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{пер}} = \frac{1}{1,14} \cdot 520 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 19,2 \text{ кВт};$$

#### 1.1.8 Сумарні втрати теплоти через обгороджуючі конструкції, кВт.

$$\sum Q_{\text{обг}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вик}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{під}} + Q_{\text{пер}} = 39,2 + 29,65 + 0,45 + 5,35 + 19,2 = 94 \text{ кВт.}$$

#### 1.1.9 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, кВт

$$Q_{\text{інф}} = \frac{1}{3600} \cdot C_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} \cdot h(t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}); \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{інф}} = \frac{1}{3600} \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot 480 \cdot 3(20 - 22) = 20 \text{ кВт};$$

#### 1.1.10 Загальні втрати теплоти, кВт.

$$\sum Q_{\text{заг}} = Q_{\text{інф}} + \sum Q_{\text{обг}}; \quad (1.5)$$

$$\sum Q_{\text{заг}} = 20 + 94 = 114 \text{ кВт}$$

Таким самим способом розраховуються втрати теплоти для котельної зали, вони становлять  $Q_o^k = 0,006 \text{ МВт}$

### 1.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання

1.2.1 Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання працівників громадських будівель за опалювальний період, МВт.

$$Q_{\text{г.в.ср}}^{\text{гр}} = 1,395 \frac{m(a_{\text{л}} + b)(55 - t_{\text{х.з}})}{24} 10^{-6}, \quad (1.6)$$

де  $m$  – кількість працюючих людей (задано 300);

$a_{\text{л}}$  - норма витрати води в кілограмах при температурі 55 °С для громадських будівель на одну людину за добу (0 кг/добу так як будівля – адміністративний корпус);

$b$  - те саме для всіх громадських будівель району (беру  $b = 25$  кг/добу на одну людину);

$t_{\text{х.з}}$  - температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, °С (беруть  $t_{\text{х.з}} = 5$  °С).

Тоді згідно з формулою (1.5)

$$Q_{\text{г.в.ср}}^{\text{гр}} = 1,395 \frac{300(0 + 25)(55 - 5)}{24} 10^{-6} = 0,022 \text{ МВт.}$$



1.2.2. Максимальна витрата теплоти на гаряче водопостачання громадських будівель за опалювальний період, МВт.

$$Q_{г.в.маx}^{гp} = (2...2,4)Q_{г.в.сp}^{гp} \quad (1.7)$$

Приймаю коефіцієнт 2,2, тоді

$$Q_{г.в.маx}^{гp} = 2,2 \cdot 0,022 = 0,05 \text{ МВт.}$$

1.2.3. Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання працівників громадських будівель у літній період, МВт.

$$Q_{г.в.сp}^{гp(л)} = Q_{г.в.сp}^{ж+гp} \frac{55 - t_{x,л}}{55 - t_{x,з}} \beta, \quad (1.8)$$

де  $t_{x,л}$  - температура холодної (водопровідної) води у літній період, °C (беру  $t_{x,л} = 15$  °C);  $\beta$  - коефіцієнт, яким ураховують зниження середньої витрати води на гаряче водопостачання у літній період відносно опалювального (беру  $\beta = 0,8$ ).

Тоді згідно з формулою (1.7)

$$Q_{г.в.сp}^{гp(л)} = 0,022 \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 0,014 \text{ МВт.}$$

1.2.4. Річна витрата теплоти на гаряче водопостачання працівників громадських будівель, МДж/рік.

$$Q_{г.в.рiч}^{гp} = 24 \left[ Q_{г.в.сp}^{гp} n_o + Q_{г.в.сp}^{гp(л)} (350 - n_o) \right] 3600, \quad (1.9)$$

$$Q_{г.в.рiч}^{гp} = 24 \left[ 0,022 \cdot 176 + 0,014 (350 - 176) \right] 3600 = 0,55 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік.}$$

### 1.3 Висновки з розділу 1

Результати розрахунків втрат теплоти на опалення та ГВП зведено у табл. 1.2

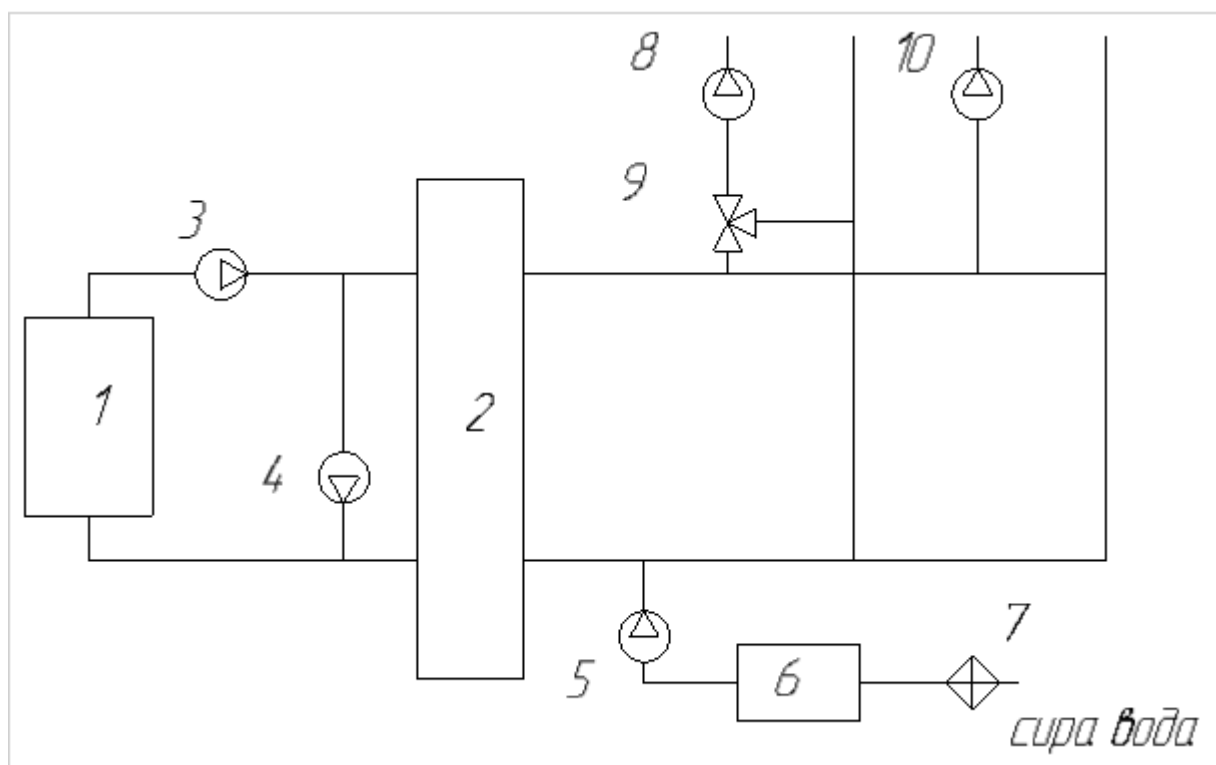
Таблиця 1.2 – Теплове навантаження котельні

Навантаження котельні	Позначення	Значення величини,
-----------------------	------------	--------------------

			МВт
1 Опалення офісної будівлі		$Q_o^{op}$	0,114
2 Опалення котельного приміщення		$Q_o^k$	0,006
3 Гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата)	опалювальний період	$Q_{г.в}^ж$	0,022
	теплий період*	$Q_{г.в.ср}^{(гр)л}$	0,014
4 Сумарне навантаження споживачів		$\Sigma Q$	0,142

## 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.

### 2.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні



1 – водогрійний котел; 2– розширювальний бак; 3 – насос котлового контуру; 4 – рециркуляційний насос; 5 – насос підживлюваної води; 6 – бак запасу пом'якшеної води; 7 – система пом'якшення вихідної води безперервної дії; 8 – насос мережної води для опалення; 10 – насос мережної води для гарячого водопостачання; 9 – трьохходовий клапан для прибудови головного корпусу та виставкового корпусу відповідно.

Рисунок 2.1 – Принципова схема водогрійної котельні з відпуском теплоти

Тепловою схемою котельні (рис. 2.1) передбачається отримання теплоносія – води з температурою 70-55°C для опалення та ГВП офісної будівлі

Вода, в котлах 1, нагрівається до температури 70°C, та поступає до насосу котлового контуру 3 та рециркуляційного контуру. Циркуляція теплоносія в контурах опалення, здійснюється насосами «Grundfos», що встановлено на трубопроводах прямої мережної води. Мережних насосів контурів опалення, передбачено два – один робочий, один резервний (на складі).

Крім того за допомогою рециркуляційних насосів фірми «Grundfos», на трубопроводі рециркуляції кожного котла, підтримується температура у зворотному трубопроводі перед котлами на рівні не менше 55°C.

Надалі через розширювальний бак 2, який призначений для поділу котлового циркуляційного контуру від циркуляційного контуру споживачів тепла з виключенням їх впливу один на одного, забезпечують стабільну роботу котла з постійними параметрами, що дозволяє значно підвищити термін його служби і добитися істотної економії палива, тому котел постійно працює в найбільш оптимальному режимі, забезпечує видалення повітря через повітровипускник і шламовловлення, вода подається до контурів опалення з мережевими насосами 8 та 10 і 3-х ходовим клапанами 9 та 11.

За рахунок трьохходового клапану, встановленого на трубопроводі прямої мережевої води систем опалення, відбувається регулювання температури теплоносія, в залежності від температури зовнішнього повітря.

Після вузла обліку сирі води, вода подається до установки пом'якшення води FK 1,5 CE. Пом'якшена вода направляється до баку запасу пом'якшеної води 6. Ємність баку  $V=0,250 \text{ м}^3$ . Підживлення системи теплопостачання здійснюється за допомогою підживлюючого насоса 5.

В проекті передбачене регулювання рівня води в баці запасу пом'якшеної води. Щоб уникнути переливу в баці запасу пом'якшеної води, передбачений поплавковий клапан який перекриває протік води у бак по верхньому рівню.

При зниженні рівня води в баці запасу підживлювальної води до половини подається сигнал на пульт диспетчеру. Якщо рівень води в баці з якихось причин опускається до нижньої відмітки, відключаються підживлювальні насоси.

В проекті передбачено аварійне підживлення системи необробленою водою з водопроводу.

## 2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельної

У якості початкових даних, для розрахунку теплової схеми, будемо використовувати наступні характеристики:

1 Населений пункт - м. Київ

2 Адміністративні будівлі

3 Тривалість опалювального періоду  $n_0 = 176$  діб

4 Розрахункові температури:  $t_{p.o.} = -22^{\circ}\text{C}$   $t_{сер.х.м.} = -4,7^{\circ}\text{C}$   $t_{г.в.} = 55^{\circ}\text{C}$

5 Витрати теплоти на опалення  $Q_o = 0,12$  МВт

6 Витрати теплоти на гаряче водопостачання:

- зимовий період  $Q_{г.в.}^3 = 0,022$  МВт

- літній період  $Q_{г.в.}^x = 0,014$  МВт

7 Параметри теплоносіїв на виході із котельної:

На потреби опалення:

- температурний графік  $70 - 55^{\circ}\text{C}$

Розрахунки виконуються для наступних режимів:

Розрахунковий режим I: (максимально зимовий режим  $t_{зовн} = t_{p.o.}$ )

Розрахунковий режим II: (із середньою температурою найбільш холодного місяця  $t_{зовн} = t_{сер.х.м.}$ )

Розрахунковий режим V: (літній режим)

2.2.1 Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря

$$k_o = \frac{t_{вн} - t_{зовн}}{t_{вн} - t_{p.o.}}, \quad (2.1)$$

$$k_o = \frac{20 + 22}{20 + 22} = 1; \quad (\text{I-й режим})$$

$$k_o = \frac{20 + 4,7}{20 + 22} = 0,59; \quad (\text{II-й режим})$$

\*Примітка: для п'ятого режиму даний коефіцієнт не розраховується

2.2.2 Сумарний відпуск теплоти на опалення, МВт.

$$Q_o = (Q_o^{\max}) \cdot k_o, \quad (2.2)$$

$$Q_o = 0,12 \cdot 1 = 0,12 \text{ МВт} \quad (\text{I-й режим})$$

$$Q_o = 0,12 \cdot 0,59 = 0,073 \text{ МВт}, \quad (\text{II-й режим})$$

2.2.3 Температура мережної води на виході з котельні, °С.

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot k_o^{0,8} + 12,5 \cdot k_o, \quad (2.3)$$

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot 1 + 12,5 \cdot 1 = 95 \text{ °С}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot k_o^{0,8} + 12,5 \cdot k_o = 71,5 \text{ °С}. \quad (\text{II-й і режим})$$

2.2.4 Температура поворотної мережної води після опалення, °С.

$$t_2^o = t_1 - 25k_o, \quad (2.4)$$

$$t_2^o = 95 - 25 \cdot 1 = 70 \text{ °С}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$t_2^o = 71,5 - 25 \cdot 0,59 = 56,8 \text{ °С}, \quad (\text{II-й режим})$$

2.2.5 Розрахункова витрата мережної води на опалення, кг/с.

$$G_o = \frac{Q_o \cdot 10^6}{c_b \cdot (t_1 - t_2^o)}, \quad (2.5)$$

$$G_o = \frac{0,12 \cdot 10^6}{4187 \cdot (96 - 71,5)} = 1,21 \text{ кг/с}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$G_o = \frac{0,073 \cdot 10^6}{4187 \cdot (71,5 - 56,8)} = 1,19 \text{ кг/с}, \quad (\text{II-й режим})$$

2.2.6. Розрахункова витрата води на гаряче водопостачання, кг/с.

$$G_{\Gamma.B.} = \frac{Q_{\Gamma.B.} \cdot 10^6}{c_b (t_{\Gamma.B.} - T_{13})}, \quad (2.6)$$

$$G_{\Gamma.B.} = \frac{0,022 \cdot 10^6}{4187 \cdot (55 - 5)} = 0,1 \text{ кг/с}, \quad (\text{I-II режими})$$

$$G_{\Gamma.B.} = \frac{0,014 \cdot 10^6}{4187 \cdot (55 - 15)} = 0,084 \text{ кг/с}, \quad (\text{V-й режим})$$

2.2.7 Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної, кг/с.

$$G_{\text{м}} = G_{\text{о}} + G_{\Gamma.B.}, \quad (2.7)$$

$$G_{\text{м}} = 1,21 + 0,1 = 1,31 \text{ кг/с}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$G_{\text{м}} = 1,19 + 0,1 = 1,29 \text{ кг/с}, \quad (\text{II-й режим})$$

$$G_{\text{м}} = 0 + 0,084 = 0,084 \text{ кг/с} \quad (\text{V-й режим})$$

2.2.8 Витрата води для підживлення на заповнення витікань в тепловій мережі (для I-II режимів), кг/с.

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} Q_{\text{о.в.}}^{\text{зп.}} \cdot g_{\text{сист}}^{\text{жс}} \cdot K_{\text{випр.}}, \quad (2.8)$$

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} \cdot 0,12 \cdot 65000 \cdot 1 = 0,017 \text{ кг/с}$$

2. 2.9 Витрата поворотної мережної води на вході в котельню, кг/с.

$$G_{\text{п.м}} = G_{\text{м}} - G_{\text{вит}}, \quad (2.9)$$

$$G_{\text{п.м}} = 1,31 - 0,017 = 1,293 \text{ кг/с}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$G_{\text{п.м}} = 1,29 - 0,017 = 1,273 \text{ кг/с}, \quad (\text{II-й режим})$$

$$G_{\text{п.м}} = 0,084 - 0,017 = 0,067 \text{ кг/с}, \quad (\text{V-й режим})$$

2.2.10 Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, МВт.

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = Q_{\text{о}} + Q_{\Gamma.B.}, \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = 0,124 + 0,022 = 0,146 \text{ МВт}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = 0,073 + 0,014 = 0,087 \text{ МВт}, \quad (\text{II-й режим})$$

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = 0 + 0,014 = 0,014 \text{ МВт}, \quad (\text{V-й режим})$$

### 2.2.11 Кількість робочих водогрійних котлів, шт.

$$N_{к.р.}^B = \frac{Q_B^K}{Q_K^{ном}}, \quad (2.11)$$

$$N_{к.р.}^6 = \frac{0,142}{0,15} \cong 1 \text{ шт}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$N_{к.р.}^6 = \frac{0,087}{0,15} = 0,58 \cong 1 \text{ шт}, \quad (\text{II-й режим})$$

$$N_{к.р.}^6 = \frac{0,014}{0,15} = 0,1 \cong 1 \text{ шт}, \quad (\text{V-й режим})$$

### 2.2.12 Відсоток завантаженості робочих водогрійних котлів, %.

$$K_{зав.}^B = \frac{Q_B^K}{N_{кп.}^B \cdot Q_K^{ном}} \cdot 100\%, \quad (2.12)$$

$$K_{зав.}^6 = \frac{0,142}{0,15 \cdot 1} \cdot 100\% = 95\%, \quad (\text{I-й режим})$$

$$K_{зав.}^6 = \frac{0,087}{0,15 \cdot 1} \cdot 100\% = 58\%, \quad (\text{II-й режим})$$

$$K_{зав.}^6 = \frac{0,014}{0,15 \cdot 1} \cdot 100\% = 10\%. \quad (\text{V- й режим})$$

З наведених вище варіантів обираємо котел фірми «Kronas», марка Prom Combi, номінальна теплова потужність 150 кВт кількістю 1 шт з найвищим коефіцієнт завантаженості, оскільки він раціонально буде використовуватися у даній котельні.

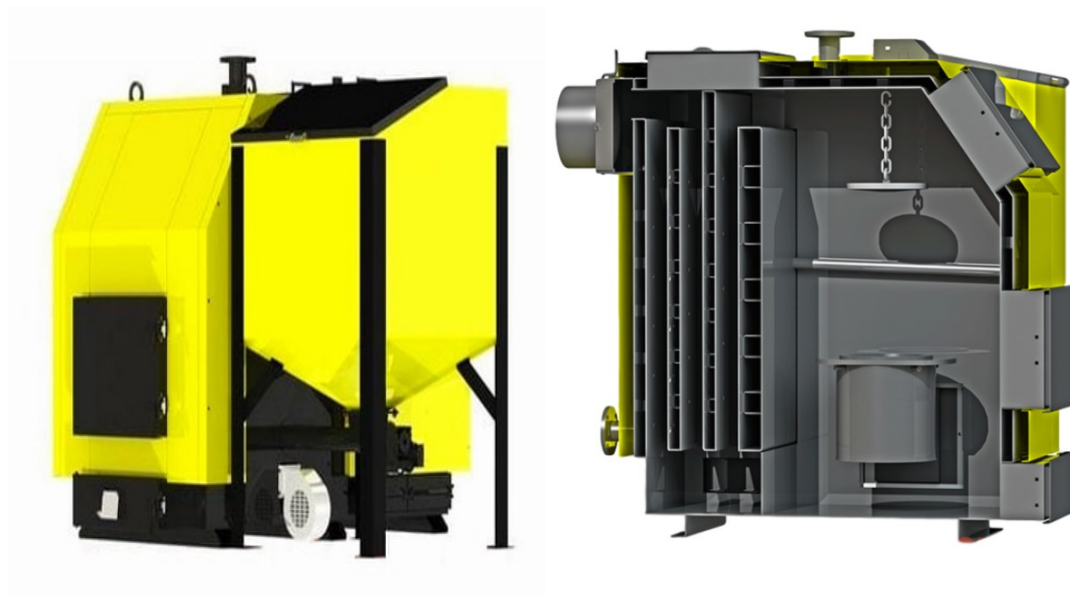


Рисунок 2.2 Котел «Kronas» Prom Combi 150

Промислові твердопаливні котли KRONAS PROM COMBI - це сучасні опалювальні агрегати, що працюють на гранульованому паливі. Дана модель котла комплектується європейським податчиком, поєднаного з пальником ретортного типу. Основним паливом для котла є деревна пелет, а також пелет з лущиння соняшнику. Відмінною рисою промислових котлів KRONAS PROM COMBI є наявність багатоходового теплообмінника з вертикальними ходами. Теплообмінники такого типу мають меншу схильність до засмічення, відповідно більш високий ККД.

До основних переваг цієї моделі можна віднести:

- висока економічність (ККД 91%);
- тривалий цикл безперервної роботи на одноразовій завантаженні (до 5 діб);
- можливість використання в системі підігріву води (в міжсезоння);
- невибагливий до якості палива.

Котли з автоматичною подачею KRONAS PROM COMBI є прямою альтернативою газовим, оскільки не вимагають частого обслуговування, а собівартість теплової енергії значно нижче.

2.2.13 Номінальна витрата води через котел, кг/с.

$$G_{ном} = \frac{Q_{к}^{ном}}{c_{в} (t_{1max} - t_{2max})}, \quad (2.13)$$

$$G_{ном} = \frac{0,15 \cdot 10^6}{4,187 \cdot (70 - 55)} = 2,4 \text{ кг/с}$$

2.2.14 Витрати води, що пропускається крізь всі водогрійні котли, кг/с.



$$G_{\theta.K} = \Sigma N_K^{\theta} G_{\theta.K}, \quad (2.14)$$

$$G_{\theta.K} = 1 \cdot 2,4 = 2,4 \text{ кг/с}.$$

2.2.15 Витрата води крізь нерегульований перепуск, кг/с.

$$G_{\text{н.п}} = G_{\text{в.к}\Sigma} \cdot N_{\text{к.в}}^B, \quad (2.15)$$

$$G_{\text{н.п}} = 0.$$

2.2.16 Витрата води від водогрійних котлів в теплову мережу, кг/с.

$$G_{\text{в.к}}^M = G_{\text{в.к}\Sigma},$$

$$G_{\text{в.к}}^M = 2,4 \text{ кг/с} \quad (2.16)$$

2.2.17 Сумарна витрата води перед насосами мережної води, кг/с.

$$G_{\text{м.н}} = G_{\text{п.м}} + G_{\text{вит}}, \quad (2.17)$$

$$G_{\text{м.н}} = 1,293 + 0,017 = 1,31 \text{ кг/с}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$G_{\text{м.н}} = 1,273 + 0,017 = 1,29 \text{ кг/с}, \quad (\text{II-й режим})$$

$$G_{\text{м.н}} = 0,067 + 0,017 = 0,084 \text{ кг/с}, \quad (\text{V-й режим})$$

2.2.17 Температура води перед насосами мережної води, °C.

$$t_2^{\text{м.н}} = \frac{t_2^{\circ} G_{\text{п.м}} + T' G_{\text{вит}}}{G_{\text{м.н}}}, \quad (2.18)$$

$$t_2^{\text{м.н}} = \frac{1,293 \cdot 70 + 0,017 \cdot 5}{1,31} = 69,2^{\circ}\text{C}, \quad (\text{I-й режим})$$

$$t_2^{\text{м.н}} = \frac{1,273 \cdot 56,8 + 0,017 \cdot 5}{1,29} = 56,1^{\circ}\text{C}, \quad (\text{II-й режим})$$

$$t_2^{\text{м.н}} = \frac{0,067 \cdot 55 + 0,017 \cdot 5}{0,084} = 45^{\circ}\text{C} \quad (\text{V-й режим})$$

2.2.18 Витрати води на рециркуляцію, кг/с.

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{в.к}}^M - G_{\text{м}}. \quad (2.19)$$

Для режиму II витрата води на рециркуляцію визначається за формулою:

$$G_{\text{рец.}} = G_{\Sigma}^{\kappa} \frac{t_{\text{BK2}} - t_{\text{М.Н}}^{\text{М.Н}}}{t_{\text{BK1}} - t_{\text{М.Н}}^{\text{М.Н}}}, \quad (2.20)$$

$$G_{\text{рец}} = 2,4 - 1,31 = 1,09 \text{ кг/с} \quad (\text{I-й режим})$$

$$G_{\text{рец}} = 2,4 \cdot \frac{71,5 - 56,1}{95 - 56,1} = 0,95, \text{ кг/с} \quad (\text{II-й режим})$$

2.2.19 Витрати води на контрольований перепуск, кг/с.

$$G_{\text{пер}} = G_{\text{м}} \frac{t_{\text{BK1}} - t_1}{t_{\text{BK1}} - t_2^{\text{М.Н}}}, \quad (2.21)$$

де  $t_{\text{в.к.1}}$  і  $t_{\text{в.к.2}}$  – температури відповідно на виході і на вході в котел

$$t_{\text{в.к.1}} = 85^{\circ}\text{C}$$

$$G_{\text{пер}} = G \cdot \frac{85 - 85}{85 - 60} = 0 \text{ кг/с.}$$

## 2.3 Розрахунок повітрообміну котельні

2.3.1 Об'єм приміщення котельні, м<sup>3</sup>.

$$V = 7,4 \cdot 4,9 \cdot 3,005 = 109 \text{ м}^3.$$

2.3.2 Трьохкратний повітрообмін складає, м<sup>3</sup>/год.

$$Q_1 = 327 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2.3.3 Котли для горіння забирають повітря з котельного залу, м<sup>3</sup>/год.

$$Q_2 = B \cdot q \cdot \alpha \quad (2.22)$$

де  $B$  – годинна витрата палива котлами – 52,4 м<sup>3</sup>/год;

$q$  – питома витрата повітря для спалювання 1,0 м<sup>3</sup> пелет – 5 м<sup>3</sup>/год;

$K=1,5$  – коефіцієнт надлишку повітря.

$$Q_2 = 52,4 \cdot 5 \cdot 1,5 = 393 \text{ м}^3/\text{год}$$

2.3.4 Приплив повітря в приміщення котельної складає, м<sup>3</sup>/год.

$$Q = Q_1 + Q_2 = 327 + 393 = 720 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.23)$$

2.3.5 Необхідна площа припливних решіток, м<sup>2</sup>.

$$F_{\text{зас.}} = \frac{Q}{3600 \cdot \omega_{\text{вит.}}} \quad (2.24)$$

$$F_{\text{зас.}} = \frac{720}{3600 \cdot 1,0} = 0,2 \text{ м}^2$$

де  $\omega_{\text{вит.}}$  – швидкість повітря, яке проходить через витяжний отвір – 1,0 м/сек.;

2.3.6 Приплив повітря здійснюється крізь припливні решітки розміром 600x400 мм (1 шт.) що встановлені у дверях котельні.

$$F_{\text{решітки}} = 0,6 \cdot 0,4 = 0,24 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{решітки}} = 0,24 \text{ м}^2 > F_{\text{зас.}} = 0,2 \text{ м}^2$$

2.3.7 Площа вентиляційного каналу для витяжки, м<sup>2</sup>.

$$F_{\text{вит.}} = \frac{Q_2}{3600 \cdot \omega_{\text{вит.}}} = \frac{393}{3600 \cdot 1,0} = 0,11 \text{ м}^2 \quad (2.25)$$

Витяжка здійснюється через решітку розміром 200 x 400 мм з рухомими жалюзіями.

Опалення приміщення котельні здійснюється за рахунок тепловиділень від технологічного обладнання, трубопроводів та тепловентилятора VOLCANO VR Mini.

## 2.4 Аеродинамічний розрахунок димової труби

Вихідні дані:

- Розрахункові температури зовнішнього повітря для проектування:
- Опалення та вентиляції в холодний період року – (-22)°C

- Вентиляції в теплий період –  $(+22)^{\circ}\text{C}$
- Середня температура опалювального періоду –  $(-0,1)^{\circ}\text{C}$
- Опалювальний період - 176 діб.
- Теплоносієм для системи опалення є вода з параметрами  $70-55^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.4.1 Розрахунок самотяги димової труби котла

- Максимальна сумарна навантаження котлів  $Q_n=150 \text{ кВт}$
- ККД котла  $\eta = 91 \%$
- Коефіцієнт надміру повітря  $\alpha=1,5$
- Температура відхідних газів  $t_{\text{вг}}=100^{\circ}\text{C}$
- Розрахункова температура зовнішнього повітря  $t_3$
- Холодний період року:  $t_3=-22^{\circ}\text{C}$  (температура повітря найбільш холодної п'ятиденки заб. 0,92);
- Барометричний тиск  $99500 \text{ Па}$
- Діаметр патрубку котла  $\varnothing 80 \text{ мм}$
- Діаметр димової труби  $d_r=0,35 \text{ м}$
- Висота димової труби  $H=13 \text{ м}$

2.4.2 Охолодження димових газів на один метр димової труби,  $^{\circ}\text{C}/\text{м}$ .

$$\Delta T = \frac{B}{\sqrt{\frac{Q}{1000}}} \quad (2.26)$$

$$\Delta T = \frac{0,34}{\sqrt{\frac{150}{1000}}} = 0,88^{\circ}\text{C}/\text{п.м},$$

де  $B$  – безрозмірний коефіцієнт (приймається для сталевих ізольованих труб - 0,34)

2.4.3 Середня температура димових газів,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$T_{\text{ср}}^3 = T_{\text{вг}} - \frac{(H + L) \times \Delta T}{2} \quad (2.27)$$

$$T_{\text{ср}}^3 = 100 - \frac{(13 + 0) \times 0,88}{2} = 94,28^{\circ}\text{C}.$$

2.4.4 Об'єм продуктів згорання,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

$$V_3 = B_p \times (V_r^0 + V^0 \times (\alpha - 1)) \times \left( \frac{273 + T_{cp}^3}{273} \right) \quad (2.28)$$

$$V_3 = 52,4 \times (10,926 + 9,8 \times (1,5 - 1)) \times (273 + 94,28) / 273 = 1110 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2.4.5 Швидкість димових газів, м/с.

$$w_3 = \frac{V_3}{3600 \times \pi \times \frac{D_r^2}{4}} \quad (2.29)$$

$$w_3 = \frac{1110}{3600 \times 3,14 \times \frac{0,35^2}{4}} = 2,5 \text{ м/с}$$

2.4.6 Густина повітря при робочих умовах зимою, кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho_b = \rho_{ny}^b \times \frac{273}{t_3 + 273} \quad (2.30)$$

$$\rho_b = 1,293 \times \frac{273}{-22 + 273} = 1,41 \text{ кг/м}^3.$$

2.4.7 Густина димових газів з врахуванням перепаду по довжині, кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho_r = \rho_{ny}^r \times \frac{273}{T_{cp}^3 + 273} \quad (2.31)$$

де  $\rho_{ny}^r$  густина димових газів при нормальних умовах, кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho_{ny}^r = \frac{1 - 0,01 A_p + 1,306 \times \alpha \times V^0}{V_r} \quad (2.32)$$

$$\rho_{ny}^r = \frac{1 + 1,306 \times 1,2 \times 9,8}{12,9} = 1,27 \text{ кг/м}^3$$

Тоді,

$$\rho_r = 1,27 \times 273 / (100 + 273) = 0,96 \text{ кг/м}^3$$

2.4.8 Втрати на тертя в газоході та димовій трубі, Па.

Максимально зимовий режим.

$$\Delta P_{\text{тр.д.т.}} = \lambda \times \frac{H}{d} \times \frac{w^2}{2} \times \rho_r \quad (2.33)$$

$$\Delta P_{\text{тр.д.т.}} = 0,02 \times \frac{13}{0,35} \times \frac{2,5^2}{2} \times 0,96 = 2,2 \text{ Па}$$

#### 2.4.9 Втрати на місцеві опори

Шиббер (заслонка):

$$\zeta = 0,1 \text{ (ст.174 табл. VII-3 [6]);}$$

Відвід 90°:

$$\zeta = K \times \Delta \zeta_0 \times B \times C ;$$

$$\text{відношення } \frac{R}{d} = 1,0;$$

$$K \cdot \Delta \zeta_0 = 0,7 \text{ (ст.199 рис. VII-15(a) [6]);}$$

$$B = 1,0 \text{ (ст.200 рис. VII-16 [6]);}$$

$$C = 1 \text{ (ст.200 рис. VII-17 [6] для круглого перерізу 1);}$$

$$\zeta = 0,7 \times 1,0 \times 1,0 = 0,7$$

Відвід 45°:

$$\zeta = K \times \Delta \zeta_0 \times B \times C ;$$

$$\text{відношення } \frac{R}{d} = 1,3;$$

$$K \cdot \Delta \zeta_0 = 0,45 \text{ (ст.199 рис. VII-15(a) [6]);}$$

$$B = 0,65 \text{ (ст.200 рис. VII-16 [6]);}$$

$$C = 1 \text{ (ст.200 рис. VII-17 [6] для круглого перерізу 1);}$$

$$\zeta = 0,45 \times 0,65 \times 1,0 = 0,3$$

Відвід 30°:

$$\zeta = K \times \Delta \zeta_0 \times B \times C ;$$

$$\text{відношення } \frac{R}{d} = 1,8;$$

$K \cdot \Delta \zeta_0 = 0,4$  (ст.199 рис. VII-15(а) [6]);

$B=0,4$  (ст.200 рис. VII-16 [6]);

$C=0,9$  (ст.200 рис. VII-17 [6] для круглого перерізу 1);

$\zeta = 0,4 \times 0,4 \times 0,9 = 0,15$

Вихід із димової труби:

$\zeta = 1$  (діаграма 11-1 ст. 510 [6])

Трійник прохідний:

$\zeta = 0,5$

Таблиця 2.1 - Сума втрат місцевих опорів

Найменування місце- вого опору	Розрахункова формула	К.М.О.	Кіл-ть елемен- тів	Сумма втрат, Па
Шибер	$\Delta h_m = \zeta \frac{w^2}{2} \rho.$	0,1	1	0,6
Трійник прохідний		0,5	2	3
Відвід 90°		0,7	6	12,6
Відвід 45°		0,3	4	3,6
Відвід 30°		0,15	0	0
Вихід із дим. труби		1	1	3
		Сума втрат місцевих опорів, Па		22,8

2.4.10 Сумарні втрати димової труби та місцевих опорів, Па.

$$\Delta P_{\Sigma d.m} = (\Delta P_{тр.д.т.} + \sum \Delta h_m) \times \frac{101325}{P_{бар}} \quad (2.34)$$

$$\Delta P_{\Sigma d.m} = (2,2 + 22,8) \times \frac{101325}{99500} = 25,5 \text{ Па}$$

2.4.11 Самотяга димової труби, Па.

Максимально зимовий режим  $t_3 = -22^\circ \text{C}$ .

$$P_c = H_{эф} \times g \times (\rho_v - \rho_r) \times \frac{P_{бар}}{101325} \quad (2.35)$$

$$P_c = 14,4 \times 9,81 \times (1,41 - 0,96) \times \frac{99500}{101325} = 64 \text{ Па}$$

$$\rho_v = \rho_{\text{ну}}^b \times \frac{273}{t_{\text{oc}} + 273} = 1,293 \times 273 / ((-22) + 273) = 1,41 \text{ кг/м}^3$$

2.4.12 Перепад повних тисків по газовому тракту, Па.

$$\Delta P_{\Pi} = P_{\text{т}}'' + \Delta P_{\Sigma \text{д.т.}} - P_{\text{сгаз}} \quad (2.36)$$

де  $P_{\text{т}}''$  – розрідження за котлом по даних виробника, Па

$P_{\text{сгаз}}$  – самотяга газового тракта, Па

$$\Delta P_{\Pi} = 0 + 25,5 - 0 = 25,5 \text{ Па}$$

2.4.13 Перевірка тяги, Па.

$$P_c \times \frac{P_{\text{бар}}}{101325} - \Delta P_{\Sigma} \times \frac{\rho_{\text{ну}}^r}{\rho_{\text{ну}}^b} \times \frac{101325}{P_{\text{бар}}} \geq 1,2 \times \Delta P_{\Pi} \quad (2.37)$$

де  $P_c$  - розрахункове значення самотяги труби,

$\Delta P_{\Sigma}$  - сумарний опір димової труби,

$\Delta P_{\Pi}$  - перепад тисків по газовому тракту.

$$64 \times \frac{99500}{101325} - 25,5 \times \frac{1,27}{1,293} \geq 1,2 \times 25,5$$

$$37,8 \geq 30,6$$

Вимога виконується, тяга димової труби перевищує опір газового тракту.

## 2.5 Висновки з розділу 2

У даному розділі було проведено розрахунок теплової схеми котельні, внаслідок якого було обрано котел «Kronas» Prom Combi потужністю 150кВт з коефіцієнтом завантаження 95%, розрахунок повітрообміну котельні, що дав змогу підібрати обладнання для її теплопостачання, та аеродинамічний розрахунок димової труби, за яким було доведено виконання вимог її самотяги.



### 3 ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1 Вибір насоса в межах водогрійного котла

Подачу насосів (м<sup>3</sup>/год) визначають за масовою витратою води, одержаною при розрахунку теплової схеми котельної:

3.1.1 Номінальна витрата води через котли, кг/с.

$$G_{ном} = \frac{Q_{ном}}{c_g (t_{1max} - t_{2max})} = \frac{0,15 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (70 - 55)} = 2,4 \text{ кг/с}$$

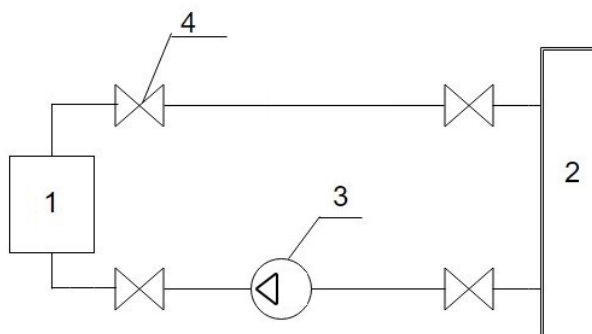
$$V_{ном} = \frac{G_{ном}}{\rho} \cdot 3600, \quad (3.1)$$

$$V_{ном} = \frac{2,4}{1000} \cdot 3600 = 8,64 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

3.1.2 Розбиваємо тракт рециркуляції на ділянки 1-2, 2-3 та 3-1.

Довжина ділянки 1-2  $L^{(1-2)}=2\text{м}$ , ділянки 2-3  $L^{(2-3)}=1,5\text{м}$ , ділянки 3-1  $L^{(3-1)}=0,5\text{м}$ .

Приймаємо швидкість руху води на ділянках 1-2 та 2-3  $\omega_b=1,0\text{ м/с}$ , а на ділянці 3-1  $\omega_b^{(3-1)}=2\text{ м/с}$



1 – котел водогрійний; 2 – гідралічна стрілка; 3 – розширювальний бак; 4 – вентиль.

Рисунок 3.1 - Схема трубопроводів котлового контуру

### 3.1.3 Діаметри трубопроводів, м.

З рівняння суцільності (нерозривності)

$$V = \omega_B f, \quad (3.2)$$

де  $V$  – масова витрата води, кг/с;

$\omega_B$  – швидкість води, м/с;

$f$  – площа поперечного перерізу каналу, м<sup>2</sup>, враховуючи, що  $f = \frac{\pi d_{BH}^2}{4}$  знаходимо вираз для визначення внутрішнього діаметру трубопроводу  $d_{BH}$

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4V_{НОМ}}{\pi \cdot \omega_B \cdot 3600}}. \quad (3.3)$$

Діаметр трубопроводу на ділянці (1-2)

$$d_{BH}^{(1-2)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,64}{3,14 \cdot 1 \cdot 3600}} = 0,055 \text{ м}.$$

Як остаточні приймаємо заокруглені розрахункові внутрішні діаметри із стандартного ряду ГОСТ 8732

$$d_{BH} = 0,057 \text{ м};$$

### 3.1.4 Знаходимо дійсні швидкості руху води, м/с.

$$\omega_B = \frac{4 \cdot V_{НОМ}}{\pi \cdot (d_{BH}^{1-2})^2}, \quad (3.4)$$

$$\omega_B^{1-2} = \frac{4 \cdot 8,64}{3,14 \cdot (0,057)^2 \cdot 3600} = 0,94 \text{ м/с}$$

### 3.1.5 Число Рейнольдса

$$Re = \frac{d_{BH} \omega_B}{\nu}, \quad (3.5)$$

де  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $\nu=f(t=70^\circ\text{C})=0,415 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2/\text{с)}$  [3]

$$Re^{1-2} = \frac{0,057 \cdot 0,94}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 129108.$$

### 3.1.6 Коефіцієнт гідравлічного тертя

$$\lambda=0,11 \left( \frac{k_e}{d'} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.6)$$

де  $k_e$  – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталених безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких  $k_e=0,01 \text{ см}$ ;  $d'$  - внутрішній діаметр трубопроводу, см.

$$\lambda^{1-2} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,01}{5,7} + \frac{68}{129108} \right)^{0,25} = 0,024.$$

### 3.1.7 Втрати тиску на тертя, Па.

$$\Delta P_{\text{тертя}} = \lambda \cdot \frac{l}{d_{BH}} \cdot \frac{\rho_{\text{вод}} \omega_B^2}{2}, \quad (3.7)$$

де  $l$  – довжина розрахункової ділянки, м.

На ділянці 1-2

$$\Delta P_{\text{тертя}}^{1-2} = 0,024 \cdot \frac{2}{0,057} \cdot \frac{1000 \cdot 0,94^2}{2} = 372 \text{ Па.}$$

На ділянці 2-3

$$\Delta P_{\text{тертя}}^{2-3} = 0,024 \cdot \frac{1,5}{0,057} \cdot \frac{1000 \cdot 0,94^2}{2} = 279 \text{ Па.}$$

На ділянці 3-1

$$\Delta P_{\text{тертя}}^{3-1} = 0,024 \cdot \frac{0,5}{0,057} \cdot \frac{1000 \cdot 2^2}{2} = 421 \text{ Па.}$$

3.1.8 Втрати тиску в місцевих опорах, Па

$$\Delta P_{\text{м.о.}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho_{\text{вод}} \omega_{\text{в}}^2}{2}, \quad (3.8)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт місцевого опору;

На ділянці 1-2

$$\Delta P_{\text{м.о.}}^{(1-2)} = (0,5 \cdot 2 + 1,0 \cdot 2) \cdot \frac{1000 \cdot 0,94^2}{2} = 1325 \text{ Па.}$$

На ділянці 2-3

$$\Delta P_{\text{м.о.}}^{(2-3)} = (1,0 + 1,0 + 0,5 \cdot 2) \cdot \frac{1000 \cdot 0,94^2}{2} = 1325 \text{ Па.}$$

На ділянці 3-1

$$\Delta P_{\text{м.о.}}^{(3-1)} = (1,0 + 1,0 \cdot 2 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 2^2}{2} = 7000 \text{ Па.}$$

3.1.9 Гідрравлічний опір трубопроводу та арматури лінії, МПа.

Гідрравлічний опір трубопроводу та арматури лінії складається з суми втрат тиску в місцевих опорах ( $\Delta P_{\text{м.о.}}$ , Па) та втрати тиску на тертя ( $\Delta P_{\text{тертя}}$ , Па)

$$\Delta P_{\text{тр}} = \sum \Delta P_{\text{м.о.}} + \sum \Delta P_{\text{тертя}}, \quad (3.9)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 372 + 279 + 421 + 1325 + 1325 + 7000 = 10722 \text{ Па} \approx 0,011 \text{ МПа.}$$

3.1.10 Вибір насосного обладнання

Напір насосів вибирається залежно від гідравлічних опорів водогрійного котла ( $\Delta P_{\text{в.к.}}$ , МПа) та трубопроводів, які з'єднують насоси з котлом ( $\Delta P_{\text{тр}}$ , МПа)

$$H_{\text{рец}} = \Delta P_{\text{в.к.}} + \Delta P_{\text{тр}}, \quad (3.10)$$
$$H_{\text{рец}} = 0,032 + 0,011 = 0,043 \text{ МПа.}$$

Обираємо насоси котлового контуру для кожного водогрійного котла типу UPS 40-120 F, фірми «Grundfos», з наступними характеристиками:

- подача – 9 м<sup>3</sup>/год ;
- напір – 12 м вод.ст.;
- максимальна потужність електродвигуна – 460 Вт;



Рисунок 3.2 – насос котла типу UPS 40-120 F, фірми «Grundfos»

Циркуляційний насос Grundfos UPS 40-120 F призначений для перекачування теплоносія в побутових опалювальних системах, системах гарячого водопостачання та кондиціонування. Насос Grundfos UPS 40-120 F має три робочі швидкості обертання валу.

Циркуляційний насос «Grundfos» UPS 40-120 F оснащений електродвигуном з мокрим ротором і захищеним статором, без сальникових ущільнень, з двома кільцями ущільнювачів. Підшипники змащуються рідиною, що перекачується.

Характеристики насоса UPS 40-120 F:

- три робочі швидкості обертання;
- керамічні вал і радіальні підшипники;
- осьової підшипник з графіту;
- гільза ротора і підшипникова обойма виконані з нержавіючої сталі;
- корозійно-стійке робоче колесо;
- клас енергоспоживання "C".

Аналогічним методом обираються всі інші насоси, що будуть використовуватися при конструюванні та роботі теплової схеми котельні. Наведемо нижче у таблиці 3.1 результати вибору інших насосів.

Таблиця 3.1- Насоси котельні

Найменування, технічні характеристики	Тип, марка	Фірма	Кіл-ть
Насос системи опалення котельні $G=2 \text{ м}^3/\text{год}$ , $P=8 \text{ м.вод.ст.}$	UPS 25-100 180	Grundfos	1
Насос системи теплопостачання $G=12 \text{ м}^3/\text{год}$ , $P=17 \text{ м.вод.ст.}$	40-230/2	Grundfos	2
Насос підживлення системи (вода) з розшир. баком $V=24 \text{ л}$ , $G=4 \text{ м}^3/\text{год}$ , $P= 40 \text{ м.в.ст}$	HydroJet JP 5A-A CVBP	Grundfos	2

### 3.2 Вибір розширювального баку системи опалення

Розширювальний бак відноситься до захисної частини замкнутих систем. В опалювальних системах, які працюють по незалежній схемі приєднання до теплової мережі, розширювальні баки застосовуються для компенсації об'єму води при зміні температури.

Внутрішній простір всіх елементів системи опалення заповнено водою. Об'єм води у системі опалення у процесі експлуатації змінюється: при підвищенні температури води – збільшується, при зниженні – зменшується. Зміну об'єму води компенсує розширювальний бак.

Конструкція баку представляє собою циліндричну ємність, яка розділена на дві частини мембраною: одна частина – для води, друга – заповнена азотом під тиском. При нагріванні надлишковий об'єм води поступає в бак, стискаючи газ, як у баці, так і у системі в цілому. При охолодженні вода з баку під тиском зі сторони об'єму заповненого азотом повертається в систему. Така система дозволяє розміщувати розширювальні баки безпосередньо у приміщенні теплового пункту, а не у верхній точці системи опалення, що суттєво спрощує контроль за роботою баку та його обслуговування

#### 3.2.1 Загальний об'єм води, яка циркулює у системі, $\text{м}^3$ .

$$V_a = \beta \cdot N_{\text{он.пр}} \cdot n_{\text{бюд}} \cdot V_{\text{он.пр}}, \quad (3.11)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт який враховує об'єм води у трубопроводах;

$N_{\text{он.пр.}}$  - кількість опалювальних пристроїв на споруду;

$n_{\text{бюд}}$  – кількість споруд;

$V_{оп.пр.}$  - середній об'єм опалювального пристрою;

$$V_a = 1,5 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 0,007 = 0,19 \text{ м}^3$$

3.2.2 Об'єм розширення (об'єм рідини, яка виникає при зміні температури),  $\text{м}^3$ .

$$\Delta V_a = \beta \cdot \Delta t \cdot V_a, \quad (3.12)$$

де  $\beta = 0,0006$  – середнє значення коефіцієнту об'ємного розширювання води;

$$\Delta t = 70 - 55 = 15^\circ\text{C}$$

$$\Delta V_a = 0,0006 \cdot 15 \cdot 0,19 = 0,002 \text{ м}^3$$

3.2.3 Об'єм рідини, яка при мінімальній температурі системи залишається в розширювальному баці,  $\text{м}^3$ .

$$V_v = \frac{V_a \cdot 0,5}{100}, \quad (3.13)$$

$$V_v = \frac{0,19 \cdot 0,5}{100} = 0,001 \text{ м}^3$$

3.2.4 Мінімальний об'єм розширювального баку,  $\text{м}^3$ .

$$V_{\min} = (V_e + V_v) \cdot \frac{p_e + 10}{p_e - p_0}, \quad (3.14)$$

де  $p_0$  - тиск газу у розширювальному баці при відсутності тиску води, приймається  $p_0 = 30$  м.вод.ст.

$p_e$  - тиск середовища в системі опалення, приймається 50 м.вод.ст.

$$V_{\min} = (0,002 + 0,001) \cdot \frac{50 + 10}{50 - 30} = 0,09 \text{ м}^3.$$

Вибираємо розширювальний бак об'ємом  $0,2 \text{ м}^3$ . Було підібрано розширювальний бак фірми «Reflex», марки Reflex G.

**Примітка:**

Таким же способом обираємо розширювальний бак для системи ГВП (розрахунки опущено). Було обрано розширювальний бак об'ємом 0,2 м<sup>3</sup> фірми «Reflex», марки Reflex DD.

### **3.3 Висновки з розділу 3**

У даному розділі було проведено підбір основного обладнання котельні за результатами відповідних розрахунків. Було обрано насоси фірми «Grundfos», та розширювальні баки фірми «Reflex»



#### 4 ВОДОПІДГОТОВКА

Водопостачання котельні передбачається від існуючого водопроводу

Водопровід призначений для забезпечення господарських, протипожежних і виробничих потреб котельні.

Необхідний напір на введенні – 22 м.

Виробничі витрати води складаються з потреб води на підживлення приєднаної теплової мережі.

Основні показники якості води, які було використано для розрахунків, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Характеристика вихідної води

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення показників
Жорсткість загальна	Мг-екв/кг	4,6
Окислюваність	Мг/кг	5,2
Жорсткість карбонатна	Мг-екв/кг	4
Жорсткість некарбонатна	Мг-екв/кг	0,8
Залізо	Мг/кг	0,1
Сухий залишок	Мг/кг	-
Показник рН		7,51

Установка водопідготовки призначена для заповнення системи, приєднаної до котельні, а також для поповнення втрат мережної води в період експлуатації.

Норми якості підживлювальної води згідно вимог ДНАОП 0.00-1.26-96 наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.- Норми якості підживлюваної води

N п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Значення показників
-------	-------------------------	----------------	---------------------

1	Жорсткість карбонатна	мг-екв/кг	0,7
2	Розчинений кисень	мг/кг	0,05
3	Вільна вуглекислота	г/кг	-
4	Завислі речовини	мг/кг	5
5	Нафтопродукти	мг/кг	-
6	Показник Рн		6,5-8,5

#### 4.1 Розрахунок установки хімводоочистки

Виходячи з розрахунків теплової схеми максимальна продуктивність водопідготовки складає 0,72 м<sup>3</sup>/год.

##### 4.1.1 Швидкість фільтрування, м/год.

З двох встановлених фільтрів постійно в роботі знаходиться один фільтр, другий фільтр або на регенерації або в резерві.

$$\omega_{\text{ном.}} = \frac{Q_{\text{Na}}}{f_{\text{Na}} \cdot a} \quad (4.1)$$

$$\omega_{\text{ном.}} = \frac{1,8}{0,069 \cdot 1} = 11,6 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

де:  $Q_{\text{Na}} = 1,8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$  - продуктивність натрій-катіонітного фільтра ХВО;

$f_{\text{Na}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,250^2}{4} = 0,049 \text{ м}^2$  - площа фільтрування;  $a=1$  - кількість працюючих фільтрів.

##### 4.1.2 Кількість солей жорсткості, що видаляються на фільтрах за добу, г-екв/добу.

$$A = 24 \cdot J_0 \cdot Q_{\text{Na}} \quad (4.2)$$

$$A = 24 \cdot 4,6 \cdot 1,8 = 198,72 \text{ г-екв/добу}$$

де:  $J_0 = 4,6 \frac{\text{г-екв}}{\text{м}^3}$  - загальна твердість води, що надходить на фільтри.

##### 4.1.3 Число регенерацій кожного фільтра в добу, рег/добу.

$$n = \frac{A}{f_{\text{Na}} \cdot H_{\text{CJI}} \cdot E_p^{\text{Na}} \cdot a} = \frac{A}{v \cdot a} \quad (4.3)$$

$$n = \frac{198,72}{29 \cdot 1} = 6,85 \frac{\text{рег}}{\text{доб}}$$

де:  $v=29$  г-екв - обмінна ємність фільтру (ресурс фільтру).

4.1.4 Витрата 100% солі (NaCl) на одну регенерацію, кг/рег.

$$Q_c^{\text{Na}} = \frac{56}{10} = 5,6 \text{ кг/рег}$$

де: 56 – витрата солі на 10 циклів регенерації фільтру (по даним виробника)

4.1.5 Добова витрата технічної солі (93 %) на регенерацію фільтру, кг/добу.

$$Q_{\text{т.с}} = \frac{Q_c^{\text{Na}} \cdot n \cdot \alpha \cdot 100}{93} \quad (4.4)$$

$$Q_{\text{т.с}} = \frac{5,6 \cdot 6,85 \cdot 1 \cdot 100}{93} = 41,2 \frac{\text{кг}}{\text{доб}}$$

Витрата солі за опалювальний період ( 176 діб ) складе  $41,2 \cdot 176 = 7251$  кг/рік.

Витрата води на регенерацію фільтру по даним виробника складає  $0,5 \text{ м}^3/\text{рег}$ ;

Тривалість регенерації  $1,5 \div 2$  год.

Річна витрата солі складає  $7,25$  т/рік.

Збереження солі при доставці автотранспортом передбачається на 10-денний запас.

4.1.6 Обсяг резервуара сухого збереження солі,  $\text{м}^3$ .

$$V = \frac{1,5 \cdot Q_{\text{с.с.}} \cdot (b+p)}{1000} \quad (4.5)$$

$$V = \frac{1,5 \cdot 41,2 \cdot (10+10)}{1000} = 1,236 \text{ м}^3$$

де: 1,5-розрахунковий обсяг ємності збереження на 1т реагенту,

$Q_{\text{с.с.}}$  - добова витрата технічної солі, кг/доб.;

$b$  - необхідний запас на 10 діб;

$p$  - залишок солі на 5-10 доби, що передбачається перед надходженням проектного запасу.

Проектом передбачена дерев'яна скриня  $1,2 \times 0,3 \times 1,0$  ємністю  $= 0,36 \text{ м}^3$

Для приготування підживлювальної води відповідної до вимог ДНАОП 0.00-1.26-96 розд.13, а також відповідно до вимог фірми-виготовлювача котлів «Kronas», проектом передбачена установка пом'якшення вихідної води FK 1,5 SE фірми «Ecosoft».

Для приведення якості води відповідно до норм проектом передбачене зм'якшення потоку підживлювальної води тепломережі по способу натрій-катіонування в установці FK 1,5 CE фірми "Ecosoft" із наступною хімічною деаерацією.

Для деаерації підживлюючої води передбачена установка, яка складається з насосів-дозаторів, баку для хімікатів та імпульсного лічильника води.

#### **4.2 Характеристика водопом'якшувальної установки FK 1,5 CE**

Установка водопом'якшувальна FK 1,5 CE призначена для зм'якшення водопровідної води для підживлення водогрійних опалювальних котелень.



Рисунок 4.1 – Пом'якшувач води «ECOSOFT» типу FK 1,5 CE

Призначення: для комплексного очищення води господарсько-побутового призначення з підвищеним вмістом:

- солей жорсткості
- заліза
- марганцю
- амонію
- органічних сполук.

Фільтруючий матеріал: ECOMIX C - унікальний запатентований фільтруючий матеріал - очищає воду від п'яти основних забруднень всього лише за 1 стадію в 1 фільтрі.

Технологія очищення: іонообмінне пом'якшення води - вода проходить крізь спеціальний фільтруючий матеріал - катіоніт, який притягує іони жорсткості і замінює їх на нешкідливі іони натрію.

Регенерація: відновлення робочих властивостей здійснюється в автоматичному режимі з використанням спресованої в таблетки солі. Розчин солі пропускається через фільтруючий матеріал, а виділені солі кальцію і магнію змиваються в каналізацію.

Переваги фільтра пом'якшувача ECOSOFT FK 1,5 CE:

- висока ефективність очищення води від 5 основних забруднень незалежно від рівня рН, хлору і сірководню у вихідній воді;
- низьке споживання солі та води на регенерацію - на 50% нижче, ніж аналогічними фільтрами;
- унікальний багатофункціональний керуючий клапан забезпечує автоматичну роботу фільтра і визначає частоту регенерації в залежності від об'єму споживаної води, зручного для користувача часу доби і пікових навантажень;
- фільтр виготовлений зі стійкого до корозії високоміцного композитного пластика і підключений до окремо стоїть баку-Солерозчинники;
- компактність системи: фільтр з фільтруючим матеріалом і сольовий бак суміщений в одному апараті типу кабінет;
- довгий термін служби фільтруючого матеріалу - до 10 років

Технічні характеристики пом'якшувача води «ECOSOFT» типу FK 1,5 CE наведено в табл 4.3

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики FK 1,5 CE

Найменування параметра	Одиниці вимірювання	Значення
Габаритні розміри, В x Ш x Г	м	1,70x1,0x0,60
Висота підключень	м	1,45
Продуктивність робоча / максимальна	м <sup>3</sup> / год	1,3 - 1,8
Обсяг фільтруючого матеріалу	л	37,0
Ресурс (при жорсткості 5 мг-екв / л)	м <sup>3</sup>	5,2
Витрата солі на регенерацію	кг	3,8 - 5,6
Витрата води на регенерацію (об'єм стоків)	м <sup>3</sup>	0,3 - 0,5
Тривалість регенерації	хв.	80 – 110

Термін роботи фільтруючого матеріалу	рік	до 10
Максимально допустимі параметри вихідної води:		
Жорсткість води	мг-екв / л	15
Вміст заліза/марганцю,	мг / л	10/2
Вміст органіки	мгО <sub>2</sub> /л	10
Перепад тиску в робочому режимі	бар	0,28
Робочий тиск	атм	2 – 6
Температура вихідної води	°С	4 – 30
Необхідний рівень очищення від механічних домішок	мкм	100
Електроспоживання	В	220 В / 50 Гц
Споживана потужність	Вт	30
Діаметр підключення трубопроводів	дюйм	1

#### 4.3 Розрахунок забруднень стічних вод

4.3.1 Надлишок солі, що скидається за одну регенерацію фільтрів, г/рег.

$$[\text{NaCl}] = \frac{(q_c - 58,44) \cdot f_{\text{Na}} \cdot H_{\text{СЛ}} \cdot E_p^{\text{Na}}}{1000} = \frac{(q_c - 58,44) \times v}{1000} \quad (4.6)$$

$$[\text{NaCl}] = \frac{(100 - 58,44) \cdot 29}{1000} = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{рег}} = 1205 \frac{\text{г}}{\text{рег}}$$

де: 58,44 – питомий, теоретично необхідний еквівалент NaCl, який використовується на регенерацію 1 г-екв солей жорсткості, г/г-екв;

$v = 29$  г-екв - обмінна ємність фільтру (ресурс фільтру).

4.3.2 Надлишок солі, що скидається за одну добу, г/добу.

$$[\text{NaCl}]_{\text{доб}} = [\text{NaCl}] \cdot n = 1205 \cdot 2,1 = 2531 \text{ г/добу} \quad (4.7)$$

4.3.3 Кількість CaCl<sub>2</sub>, що скидається за одну регенерацію фільтра, кг/рег

$$[\text{CaCl}_2] = v \cdot \alpha_{\text{Ca}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ г-екв/рег}$$

$$[\text{CaCl}_2] = 55,5 \cdot [\text{CaCl}_2] = 55,5 \cdot 11,2 = 621,6 \text{ г/рег} = 0,621 \text{ кг/рег},$$

$$\text{Чи } 0,621 \cdot 1,4 = 0,87 \text{ кг/добу}$$

Де,  $\alpha_{\text{Ca}} = 0.8$  - частка солей кальцію в загальній кількості солей твердості, що скидаються.

4.3.4 Кількість забруднень іонами хлору в скидах від хімводоочистки, кг/рег.

$$\text{NaCl} = 0,815 \text{ кг/рег}, \text{ відповідно } \text{Cl}^- = 0,52 \text{ кг/рег}.$$

$$\text{CaCl}_2 = 0,6216 \text{ кг/рег}, \text{ відповідно } \text{Cl}^- = 0,397 \text{ кг/рег}.$$

$$\text{Загальна кількість } \text{Cl}^- = 0,52 + 0,397 = 0,917 \text{ кг/рег}.$$

#### 4.4 Висновки з розділу 4

У даному розділі було обрано хімводоочисну установку фірми «Ecosoft» FK 1,5 CE, наведено її характеристики, було проведено розрахунок її роботи та забруднення стічних вод.

### 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

У нинішніх реаліях основним паливом-конкурентом, за відношенням екологічності – ціна, на енергетичному ринку, для пелет є природний газ. Тому в даному розділі буде наведено переваги та недоліки використання пелетного котла та проведено економічне порівняння цих двох видів палива.

Спершу важливо розібратися що являють собою пелети, дізнатися про спосіб їх виготовлення та визначити їх види.

Пелети це спресовані гранули, діаметром 6-8мм та завдовжки до 50 мм, що зазвичай виробляються з відходів деревини і вважаються екологічно чистим та відновлюваним видом палива. Гранули виробляються без хімічних добавок. Пелети розрізняються за сировиною та способами його обробки, від яких залежить колір готової продукції. Пелети білого кольору отримують з відходів деревообробки, сірі – із суміші дерева з корою і торфу або лузги насіння. Чорні пелети виробляють з того ж сировини, але шляхом безкисневого випалювання при високих температурах, за теплотворною характеристикам вони схожі на вугілля, не схильні до гниття і відрізняються водовідштовхувальними властивостями.

Переваги використання пелет:

- пелети на сьогоднішній день являються найбільш безпечним видом палива.
- високий КПД котлів (до 95%), що працюють на пелетах.
- пелети зручні для транспортування та зберігання.
- з кожним роком пелети стають доступнішим видом палива.
- ціна на пелети більш стабільна, ніж тарифи на електроенергію чи газ.
- підключення на експлуатація котла, що працює на пелетах, не потребує згоди відповідних інстанцій, та за бажання, може бути підключене самостійно.

Недоліки використання пелет:

- висока ціна на котельні агрегати, для спалювання пелет – їх ціна вдвіча більша ніж за газові аналоги.

- необхідність у постійному догляді котельних агрегатів (чистка теплообмінники, золовидалення).

- необхідність у спеціальному (сухому) складському приміщенні для зберігання пелет.

- в деяких районах може бути проблемою закупка якісних пелет.

## 5.1 Техніко-економічний розрахунок

Оберемо для порівняння котел, що використовується у даному проєкті «Kronas» Prom Combi та котел-аналог такої ж потужності. Підрахуємо витрати палива, та отримаємо для порівняння вартості палива, що буде необхідно для підтримання безперервного теплопостачання умовного об'єкту за весь опалювальний період. Ціни на паливо наведено згідно з поточними середніми цінами Інтернет-магазинів (пелети) та ПАО "Киевоблгаз" (природний газ).

Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку:

1) Тривалість опалювального періоду  $n_0 = 176$  діб

2) Пелетний котел «Kronas» Prom Combi – 1 шт (КПД  $\eta_p = 91\%$ )

Газовий котел-аналог – 1 шт. (ККД  $\eta_g = 91\%$ )

3) Теплопродуктивність котлів –  $Q_p = Q_g = 150$  кВт

4) Питома теплота згорання палива:

а) Солом'яна пелета –  $q_p = 5 \frac{\text{кВт}}{\text{кг}}$

б) Природний газ –  $q_g = 9,3 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$

5) Ціна палива:

а) Солом'яна пелета –  $C_p = 3250$  грн/т

б) Природний газ –  $C_g = 6,89$  грн. за  $1 \text{ м}^3$

5.1.1 Реальна теплотворна здатність палива з врахуванням ККД котлового агрегату, кВт/кг.

$$q_{i,\text{реал.}} = q_{i.} \cdot \eta_{i.} \quad (5.1)$$

а) для пелетного котла

$$q_{p,\text{реал.}} = q_{p.} \cdot \eta_{p.} = 5 \cdot 0,91 = 4,55 \frac{\text{кВт}}{\text{кг}}$$



б) для газового котла

$$q_{г.реал.} = q_{г.} \cdot \eta_{г.} = 9,3 \cdot 0,91 = 8,46 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$$

5.1.2 Витрата палива для отримання 1 кВт теплової енергії, кг.

$$g_{i.} = \frac{1}{q_{i.реал.}} \quad (5.2)$$

а) для пелетного котла

$$g_{п.} = \frac{1}{q_{п.реал.}} = \frac{1}{4,55} = 0,22, \text{ кг}$$

б) для газового котла

$$g_{г.} = \frac{1}{q_{г.реал.}} = \frac{1}{8,46} = 0,12, \text{ м}^3$$

5.1.3 Витрата палива котловим агрегатом за опалювальний сезон, кг.

$$G_{i.} = Q_{i.} \cdot g_{i.} \cdot 24 \cdot n_0 \quad (5.3)$$

а) для пелетного котла

$$G_{п.} = Q_{п.} \cdot g_{п.} \cdot 24 \cdot n_0 = 150 \cdot 0,22 \cdot 24 \cdot 176 = 139392 \text{ кг}$$

б) для газового котла

$$G_{г.} = Q_{г.} \cdot g_{г.} \cdot 24 \cdot n_0 = 150 \cdot 0,12 \cdot 24 \cdot 176 = 76032 \text{ м}^3$$

5.1.4 Вартість палива за опалювальний період, тис.грн.

$$C_{i.} = G_{i.} \cdot C_{i.} \quad (5.4)$$

а) для пелетного котла

$$C_{п.} = G_{п.} \cdot U_{п.} = 139392 \cdot 3,25 = 453, \text{ тис. грн.}$$

б) для газового котла

$$C_{г.} = G_{г.} \cdot U_{г.} = 76032 \cdot 6,89 = 524, \text{ тис. грн.}$$

5.1.5 Економія коштів за опалювальний період, тис.грн.

$$\Delta = C_{г.} - C_{п.} = 524 - 453 = 71, \text{ тис. грн.} \quad (5.5)$$

Примітка: даний розрахунок проведений без врахування витрат на котлоагрегати, монтаж котлоагрегатів та допоміжного обладнання, витрат на логістику, заробітної плати обслуговуючого персоналу та був проведений за тарифами поточного 2019 року у м. Києві.

## 5.2 Технічні рішення

Проектом передбачається встановлення водогрійного твердопаливного котла Prom Combi Тип КТП-200 потужністю 200 кВт виробництва фірми «KRONAS» зі сталевим теплообмінником та автоматичною подачею палива.

Котел встановлюється в котельні, вбудований в інженерний корпус. Характеристики пелетного котла Kronas Prom Combi 150 потужністю 150 кВт, виробництва "Кронас ТМ", м. Чернігів наведена в табл. 6.1

Підключення котельної до мережі електропостачання здійснюється від розподільчої шафи об'єкту капітального ремонту – нежилої будівлі та інженерного корпусу.

Заповнення системи та підживлення здійснюється від свердловини. Робота котельні передбачається в напівавтоматичному режимі з ручним завантаженням пелет в бункер та періодичним перебуванням обслуговуючого персоналу на протязі опалювального періоду.

Таблиця 6.1 Характеристики пелетного котла Kronas Prom Combi 150

Параметр	Од. вим.	Kronas PROM COMBI 150
Номінальна потужність котла	кВт	150
Орієнтовна опалювальна площа	м <sup>2</sup>	1500
Паливо	-	Пелета, пелета соняшникова
ККД (ном.), не більше	%	91
Площа теплообміну	м <sup>2</sup>	20,4
Об'єм бункеру	дм <sup>3</sup>	1000
Водяна ємність котла	л	460
Вага котла без води	кг	1670
Необхідна тяга топочних газів	Па	23-35
Температура топочних газів на виході із котла	°C	100-180
Мінімальна температура води на вході в котел	°C	55
Максимальна температура води	°C	90
Номінальний (максимальний робочий тиск води	Мпа	0,2
Випробувальний тиск води	МПа	0,4
Споживання електроенергії, не більше	Вт	420
Розміри дверей для завантаження	мм х мм	550 х 650
Діаметри патрубків теплоносія,	мм	80
Діаметри патрубків під запобіжні клапани	мм	2 х 50
Приєднувальний діаметр димохода	мм	348
Мінімальна висота димохода	м	10
Внутрішній мінімальний діаметр димохода	мм	350

Циркуляція теплоносія через котел виконується котловим насосом продуктивністю до 10 м3/год. Регулювання температури теплоносія не нижче 55 °C перед котлом виконується підмішувальним насосом.

Для забезпечення безпеки при значній інерційності твердопаливних котлів передбачено проміжний бак об'ємом 1 м3. Підживлення системи виконується 2-ма насосами типу HydroJet JP.

Підготовка води для контуру котельні та теплопостачання виконується за допомогою системи комплексного очищення води FK 1,5 CE фірми «Екософт». Підготовлена вода акумулюється в баку об'ємом 200 л.

### **5.2.1 Газоповітряний тракт**

Повітря подається в котел вбудованим вентилятором з приміщення котельні, куди потрапляє через припливні жалюзійні решітки в дверях котельні.

Температура димових газів на виході з котла 100-180 ° C.

Твердопаливний котел тепловою потужністю 150 кВт фірми "KRONAS". обладнаний димовою трубою Ø350/420 мм, висотою – 13 м.

У нижній частині димова труба обладнана люком ревізії і патрубком для зливу конденсату.

Відведення конденсату від газоходів передбачається в мережу каналізації.

Для запобігання аварійного накопичення димових газів в газоходах, на горизонтальній ділянці встановлюється два вибуховий клапан.

Висота димових труб визначена на підставі аеродинамічного розрахунку газоповітряного тракту, висоти найближчих будівель, споруд, з умови розсіювання шкідливих речовин в атмосферу і з умови підтримки розрідження за котлом 1 мм. вод. ст.

### **5.2.2 Автоматизація та сигналізація**

Виконана в цьому проекті автоматизація забезпечує автоматичне керування механізмами, технологічну і аварійну сигналізацію.

Електричні проводки виконуються кабелями і проводами з мідними жилами.

Управління роботою котла ведеться вбудованим в котел базовим модулем керування «Krypton P». Даний модуль повністю забезпечує автоматичну роботу котла «KRONAS» КТПк 150 кВт.

В котельні передбачено допоміжне обладнання.

Зниження рівня води в баку запасу води, контроль роботи насосів підживлення, здійснюється через пульт контролю «Сигнал - 1ДН».

Для контролю загазованості повітря (CO) в котельні проектом передбачено встановлення сигналізатора газу “Варта 1-03.14”.

Для визначення складу димових газів за котлом передбачено переносний газоаналізатор «Дозор С-М-Д» НВП «Оріон» м. Харків.

### **5.2.3 Електротехнічні рішення**

Електропостачання котельні передбачається на напрузі 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю з системою заземлення TN-S.

По надійності електропостачання котельня відноситься до споживачів II категорії.

Силовими струмоприймачами котельні є котел, електродвигуни насосів, пульт контролю, щит автоматики, витяжна вентиляційна установка та інше.

Мережі живлення і розподільні мережі виконуються кабелем марки ВВГнгд, які прокладаються в коробі, в лотку, по монтажному профілю в металорукаві.

Електроосвітлення котельні запроектовано робоче, аварійне і переносне.

Робоче освітлення прийнято на напрузі 220В. Для аварійного освітлення передбачається переносний акумуляторний ліхтар СГВ-2 I Exd II BT 5 X.

Освітленість приміщення прийнята відповідно з ДБН В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”. Розрахунок виконано методом коефіцієнту використання. Типи світильників вибрані в залежності від умов середовища і розміщення приміщень. Як джерела світла прийняті світильники з лампами розжарювання та люмінесцентними лампами.

### **5.3 Висновки з розділу 5**

У даному розділі було проведено техніко-економічний розрахунок використання пелет як палива у порівнянні з природним газом, результатом виявилась економія у розмірі 71 тис. грн за один опалювальний сезон. Також у розділі були наведені технічні рішення у роботі котельні.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Вивчення й вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов праці людини – одне з найважливіших завдань у всіх сферах діяльності людини.

Вивчення й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці – один з основних факторів, що впливають на продуктивність і безпеку праці, здоров'я робітників.

Охорона праці - система забезпечення безпеки життя й здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні й інші заходи. Всі норми трудового права спрямовані на захист інтересів всіх працюючих, на забезпечення умов праці, безпечних для життя й здоров'я робітників.

Поліпшення умов праці приводить до збільшення продуктивності, якості продукції, що випускається, підвищення трудової дисципліни, зниження плинності кадрів, зменшення числа аварій, травматизму і профзахворювань, а також зв'язаних з цим економічних втрат.

Тема магістерської дисертації – твердопаливна котельня на пелетах для теплопостачання офісної будівлі в м. Києві.

Приміщення котельного цеху має розміри 109 м<sup>2</sup> і включає у свій склад:

- 1 твердопаливний котел типу «Prom Combi 150» номінальною потужністю 150 кВт виробництва фірми «KRONAS»,
- підживлювальний насос фірми «HydroJet JP» ;
- комплекти засобів керування(регулювання та захисту) контролер Siemens RVD 145/109;
- установка пом'якшення води FK 1,5 CE;
- живильний бак;
- температурний режим котельні 70/55 °C.
- паливом для котла є пелета .

Метою даного розділу буде аналіз умов праці в приміщенні котельні та розробка комплексу заходів для поліпшення умов.

В даному дипломному проєкті запропоновано технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації енергетичного і технічного устаткування котельні, а також технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з безпеки надзвичайних ситуацій.

### **6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації енергетичного і технологічного устаткування котельні**

При виконанні монтажних і ремонтних робіт, при реконструкції котельної та при експлуатації її обладнання необхідно дотримувати вимоги ДНАОП, ДСН, ДБН, стандартів ССБТ і іншими нормами та правилами.

На ділянці, де ведуться монтажні роботи не виконуються інші роботи.

Забороняється підйом збірних залізобетонних конструкцій, що не мають монтажних петель або міток, що забезпечують їхнє правильне стропування і монтаж.

Застосовувані способи стропування елементів конструкцій і устаткування забезпечують їхню подачу до місця установки в положенні, близькому до проектного.

Елементи конструкцій які монтуються або встаткування під час переміщення утримуються від обертання й розгойдування гнучкими відтягненнями.

Устаткування й трубопроводи звільнені від вибухонебезпечних, горючих і шкідливих речовин.

При виконанні монтажних робіт для закріплення технологічного й монтажного оснащення використовуються устаткування й трубопроводи, а також технологічні й будівельні конструкції після узгодження з особами, відповідальними за правильну їхню експлуатацію.

Розпакування й розконсервація устаткування яке підлягає монтажу, виконуються в зонах, відведених відповідно до проекту виробництва робіт, і здійснюється на спеціальних стелажках або підкладках висотою не менш 100мм.

При розконсервації устаткування не допускається застосування матеріалів із пожежонебезпечними властивостями.

У процесі виконання складальних операцій, сполучення отворів і перевірка їхнього збігу в деталях, які монтуються, виконується з використанням спеціального устаткування. Перевіряти збіг отворів в деталях, які монтуються, пальцями рук не допускається.

При монтажі устаткування повинна бути виключена можливість мимовільного або випадкового його включення.

При переміщенні устаткування відстань між ними і виступаючими частинами змонтованого устаткування або інших конструкцій повинні бути по горизонталі не менш 1м, по вертикалі - 0,5 м.

#### 6.1.1 Заходи по забезпеченню безпечної експлуатації основного і допоміжного устаткування котельні

Основне й допоміжне устаткування розміщується в призначеному приміщенні. Проектом передбачені нормативні проходи для обслуговування устаткування. Для обслуговування трубопроводів і арматури водогрійних котлів передбачені площадки на відмітці 2,0 м.

Відстань між елементами устаткування, а також між устаткуванням і стінами приміщень приймається більше 1 м. Ширина основного проходу дорівнює 2 м.

Висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій у місцях регулярного проходу персоналу, обслуговування трубопроводів і арматур водогрійних котлів становить 2м.

Для забезпечення нормальних умов експлуатації устаткування котельні проектом передбачається установка контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв і запірної арматури.

Устаткування й трубопроводи з температурною більше +45С теплоізовані й пофарбовані в відповідні кольори згідно з вимогам. Пізнавальне кольорове пофарбування трубопроводів виконується суцільним по всій поверхні комунікацій у відповідності з ГОСТ 14202–69 (таблиці 1 і 3).

Сигнальні кольори і знаки безпеки для привернення уваги працюючих до безпосередньої небезпеки, попередження про можливу небезпеку, приписи і дозволи визначених дій з метою забезпечення безпеки, а також необхідну інформацію, виконувати згідно з ДСТУ ISO 6309:2007.

Всі струмоприймачі заземлені відповідно вимогам розділу ПУЕ-2017.

Для продувки газопроводів перед пуском, а також для викиду газу, що просочується через нещільності запірної арматури запроектовані продувний газопровід та газопровід безпеки.

При короткотерміновій зупинці котлів всі крани на газопроводі повинні бути закритими, а на газопроводі безпеки - відкритими.

Системи контролю, автоматизації й дистанційного керування роботою основного технологічного устаткування дозволяють:

- одержати своєчасну інформацію про порушення технологічного процесу;
- аварійно відключати устаткування;
- захищати обслуговуючий персонал.

Водогрійні котли обладнані автоматикою безпеки, яким передбачено:

- регулювання температури котлової води;
- автоматичне та плавне переведення температури котлової води у відповідності з погодними умовами.

Для припинення або зміни подачі води на всіх трубопроводах установлюються засувки й вентиля. Арматури встановлені в місцях, зручних для обслуговування й ремонту. Засувки й вентиля, що вимагають для відкриття більших зусиль, забезпечені обвідними лініями, механічними приводами.

Горизонтальні ділянки паропроводів укладаються з ухилом 0,002<sup>0</sup> з забезпеченням дренажу.

Рухливі частини устаткування закриті захисними кожухами.

Компенсація теплових розширень трубопроводів здійснюється П-подібними компенсаторами.

#### **6.1.2 Заходи, які передбачені проектом, з безпечної експлуатації електрообладнання котельні**



Проектом передбачається використання на котельні для електроживлення основного й допоміжного устаткування чотири провідної трифазної (380/220В) мережі із глухозаземленою нейтраллю.

Живлення електрообладнання котельні здійснюється від двох незалежних джерел живлення.

По ступені небезпеки ураження персоналу електричним струмом приміщення котельні відносяться до особливо небезпечних, бо є декілька факторів підвищеної небезпеки:

- наявність струмопровідних підлог;
- дотик людини до металевих корпусів електроустаткування.

Тяжкість враження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини й тривалості протікання через нього струму, роду й частоти струму, індивідуальних властивостей людини й умов навколишнього середовища.

Основним фактором, що обумовлює той або інший ступінь ураження людини, є сила струму. Найбільша небезпека виникає при безпосередньому проходженні струму через життєво важливі органи людини.

Вплив стану навколишнього середовища враховується класифікацією приміщень і умов праці по небезпеці ураження електричним струмом. Напруги, допустимих дотику і струми, що протікають через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі електроустановки, не повинні перевищувати значень, зазначених у табл.6.1 ПУЕ-2017

Таблиця 6.1 - Допустимі напруги і струми дотику

t (сек)	До 0,1	До 0,2	До 0,5	До 0,7	До 0,9	>1 сек. до 5 сек.
$U_{\text{доп.дот}}$ (В)	500	400	200	130	100	65

Організаційні й технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягають, в основному, у відповідному навчанні, інструктажі й допуску до роботи осіб, що пройшли медичний огляд і виконанням ряду технічних заходів при проведенні робіт з електроустаткуванням, дотриманні додаткових вимог при роботах із частинами, що перебувають під напругою.

#### **6.1.2.1 Технічні рішення по запобіганню електротравм при дотику до нормально струмоведучих частин електрообладнання (нормальний режим роботи)**

Зовнішні електропроводки виконані на відстані від підлоги: 2,5 метрів над робочим місцем; 3,5 метрів над проходами; 6 метрів над проїздами.

Струмоведучі частини електроустановок ізольовані, огорожені й розміщені в місцях недоступних для дотику до них (на недоступній висоті або в металевих шафах). Відстані між огороженнями й струмоведучими частинами 0,35 метра. Застосовуваний тип кабелів - АВВТ. Кабелі прокладаються на кабельних конструкціях і в електрозварних трубах.

Застосування малих напруг по [5]:

- номінальна напруга не більше 42В - для живлення ручного інструмента й місцевого висвітлення;
- напруга 12В - для живлення переносного ручного висвітлення;
- проектом передбачається установка мережі розеток 12В;  
норма опору ізоляції 1 кОм/В;
- застосування подвійної ізоляції: перший рівень - ізоляція корпусу щодо струмоведучих частин, другий рівень - покриття корпусу електроустановок фарбою.

У місцях підвищеної небезпеки ураження електричним струмом проектом передбачене ізолювання робочого місця персоналу шляхом застосування екранів (металеві аркуші, сітки, комбінації аркушів і сіток).

Екран повинен бути електрично-герметичний, а контактуючі поверхні його частин повинні мати антикорозійне покриття й щільно притискатися одне до одного по всій площі.

#### **6.1.2.2 Технічні рішення по запобіганню електротравм при переході напруги на не струмоведучі частини електрообладнання (аварійний режим роботи)**

Оскільки вся мережа трифазна, чотирипровідна із глухозаземленою нейтраллю, то для усунення небезпеки ураження людини струмом, у випадку його дотику до не струмоведучих металевих частин електроустановок, які виявилися під напругою, проектом, як основна міра захисту, передбачене використання занулення металевих корпусів електроустаткування, каркасів, щитів і шаф.

Зазначена мета досягається в результаті швидкого відключення захистом ділянки мережі, на якому відбулося замкнення на корпус. У якості зануляючих проводів використовуються резервні кабелів, вільні проводи. Занулення, як захисна міра застосовується в мережах із глухозаземленою нейтраллю з напругою до 1 кВ. Контроль занулення здійснюється при введенні в експлуатацію електроустановки й періодично 1 раз в 5 років.

Для роботи з електроустаткуванням обслуговуючий персонал забезпечується діелектричними рукавичками, взуттям з гумовою підошвою, інструментом з ізольованими ручками, гумові коврики й діелектричні підставки.

### **6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії.**

#### **6.2.1 Параметри мікроклімату в приміщенні котельної**

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат їхнього внутрішнього середовища, що впливають на організм людини: температура, вологість, швидкість руху повітря і теплові випромінювання.

Норми на оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони (робочого місця) приміщень у залежності від періоду року і категорії виконуваних робіт. Крім того, допустимих температур повітря встановлюють різні для постійних і непостійних робочих місць.

Поділ робіт на категорії проводиться в залежності від загальної енерговитрати організму працівника. Відповідно до характеру робіт у відзначеному приміщенні, фізичні роботи середньої важкості (категорія Пб) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 233 - 290 Вт (201-250 ккал/год.) До категорії Пб належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

Показники мікроклімату в приміщенні котельні регламентуються ДСН наведені в табл. 6.2 окремо для холодного і теплого періодів року.

Таблиця 6.2 - Показники мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Параметри мікроклімату відповідно ДСН 3.3.6.042-99	
		оптимальний	допустимий
Холодний	Температура, С°	22-24	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1
Теплий	Температура, С°	22-25	18-26
	Відносна вологість повітря, %	40-60	75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0-1

Дотримання умови мікроклімату в межах норми забезпечується: у холодний період опалення приміщення котельні здійснюється за рахунок тепловиділень від технологічного обладнання, трубопроводів та тепло вентилятора системи опалення котельні VR Mini фірми «Volcano».

Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення котельні проектом передбачається:

- автоматизація технологічного процесу (на місцях виміру параметрів установлені датчики, які передають інформацію на щит керування);

- зменшення виділення тепла й вологи за рахунок застосування ізоляції (ізолюючі мати) і фарбування срібlistого кольору;

- опалення виробничих, побутових і допоміжних приміщень (система опалення однотрубна з нижнім розведенням);

- видалення надлишкових тепла й вологи за рахунок вентиляції приміщень.

Основним видом вентиляції є природний повітрообмін за рахунок різниці температур.

У літній період повітря частково або повністю забирається з котельні вентилятором. У зимовий час частково із приміщень і вулиці, а при температурі  $-20^{\circ}\text{C}$  повітря на горіння забирається тільки зовні будинку.

## **6.2.2 Захист персоналу від виробничого шуму**

У котельні джерелами шуму є вентилятори, димососи, насоси. Рівні шуму допоміжного устаткування досягають: для насосів 85- 99 дБА; для вентиляторів, димососів 86- 92 дБА; для котлів 75- 90 дБА.

Нормованими параметрами є:

- припустимі рівні звукового тиску в дБ у стандартних октавних смугах частот залежно від виконуваних робіт;

- припустимі рівні звуку.

Для виробничих приміщень котельні згідно [10] припустимі рівні звуку 75 дБА; для приміщень керування, робочих кімнат 60 дБА; для кабіни спостереження й дистанційного керування з мовним зв'язком по телефоні 65 дБА.

Для зменшення шкідливого впливу шуму проектом передбачаються такі міри:

- вентилятори й димососи встановлюються за котлом у стіни будинку, найбільш віддаленої від робочих місць обслуговуючого персоналу;

- робочі місця чергового обслуговуючого персоналу котельні цехи розташовуються в окремому звукоізов'язаному приміщенні.

- для зниження рівня звукових тисків у газоході й димарі, при швидкості потоку понад 15 м/с встановлюються пластинчасті глушители шуму з напівтвердої мінеральної плити в оболонці з перфорованого аркуша.

Для забезпечення нормативного шумового режиму проектом передбачено комплекс шумозахисних заходів, а саме:

- насоси встановлюються безшумові з віброізолюючими вставками;

- проходи трубопроводів через будівельні конструкції ретельно ущільнюються пружними прокладками в гільзах;

Місця кріплення трубопроводів до огорожувальних конструкцій також ізолюються пружними прокладками;

- двері котельної передбачаються з підвищеною звукоізоляцією (2 шари металу, мінераловатні плити між ними товщиною 50 мм), з ущільненням по периметру притулу пружним матеріалом;
- віконне скло встановлюється у пружних прокладках, що зменшує можливість його коливання.

### **6.2.3 Захист від виробничих вібрацій**

Тривалий вплив вібрації високих рівнів на організм людини приводить до розвитку передчасного стомлення, зниженню продуктивності праці, росту захворюваності й нерідко до виникнення професійної патології - вібраційної хвороби.

Вібрація - це механічний коливальний рух системи із пружними зв'язками.

Вібрацію по способу передачі на людину (залежно від характеру контакту із джерелами вібрації) умовно підрозділяють на: місцеву (локальну), що передається на руки працюючого, і загальну, що передається через опорні поверхні на тіло людини в положенні сидячи(сідниці) або коштуючи (підшви ніг).

Виробничими джерелами локальної вібрації є ручні механізовані машини ударного, ударно-обертальної й обертальної дії із пневматичним або електричним приводом.

Найбільш діючим засобом захисту людини від вібрації є усунення безпосередньо його контакту з вібруючим устаткуванням. Здійснюється це шляхом застосування дистанційного керування, промислових роботів, автоматизації й заміни технологічних операцій.

З метою профілактики несприятливого впливу локальної й загальної вібрації працюючі повинні використовувати засоби індивідуального захисту: рукавиці або рукавички (ГОСТ 12.4.002-74. "Засоби індивідуального захисту рук від вібрації. Загальні вимоги"); спецвзуття (ГОСТ 12.4.024-76. "Взуття спеціальна від недавня" ).

## **6.3 Долікарська допомога**

### **6.3.1 Долікарська допомога при ураженні електричним струмом**

При ураженні електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання.

Дотик до струмопровідних частин (мережі під напругою) у більшості випадків призводить до судом м'язів, людина самотійно не в змозі відірватися від провідника. Тому необхідно швидко відключити ту частину електрообладнання, до якої доторкається людина.

При звільненні потерпілих від струмопровідних частин або проводу в електроустановках напругою до 1000 В відключають струм, використовуючи сухий одяг, палицю, дошку, шапку, сухі рукавиці, рукав одягу, діелектричні рукавиці. Провідники перерізають інструментом з ізольованими

ручками, перерубують сокирою з дерев'яним сухим топорищем. Потерпілого можна також відтягнути від струмопровідних частин за одяг, уникаючи дотику до навколишніх металевих предметів та до відкритих частин тіла потерпілого. Відтягуючи потерпілого за ноги, не можна торкатися його взуття, оскільки воно може бути сирым і стає провідником електричного струму. Той, хто надає допомогу, повинен одягнути діелектричні рукавиці або обмотати їх шарфом, натягнути на них рукав піджака або пальта. При звільненні потерпілих в електроустановках з напругою понад 1000 В слід користуватися діелектричними рукавицями і взути діелектричні боти; діяти ізолюючою штангою або ізолюючими кліщами. Можна замкнути або заземлити провідники (замкнути дроти накоротко, накинувши на них попередньо заземлений провід). Після звільнення потерпілого від струмопровідних частин слід винести його з небезпечної зони. Без засобів захисту пересуватися в зоні розтікання струму по землі слід не відриваючи ноги одна від одної.

Кожен працівник, обслуговуючий оперативний персонал повинні знати правила долікарської допомоги, способи штучного дихання і масажу серця. Долікарську допомогу потерпілому надають на місці нещасного випадку.

Способи штучного дихання бувають: ручні та апаратні. Ручні менш ефективні, але можуть застосовуватись негайно при порушенні дихання у потерпілого. При виконанні штучного дихання “з рота в рот”, та “з рота в ніс” в рот або в ніс потерпілого рятівник видихає зі своїх легенів в легені потерпілого об'єм повітря в кількості 1000-1500 мл. Цей метод найбільш ефективний, однак можлива передача інфекції, тому використовують носовичок, марлю, спеціальну трубку.

Підготовка до штучного дихання.

1 Звільнити потерпілого від одягу – розв'язати галстук, розстебнути комір сорочки тощо.

2 Покласти потерпілого на спину на горизонтальну поверхню – стіл або підлогу.

3 Відвести голову потерпілого максимально назад, доки його підборіддя не стане на одній лінії з шиєю. При цьому положенні язик не затуляє вхід до гортані, вільно пропускає повітря до легенів. Разом з тим при такому положенні голови рот розкривається. Для збереження такого положення голови під лопатки кладуть валик із згорнутого одягу.

4 Пальцями обслідувати порожнину рота і якщо там є кров, слиз тощо, їх необхідно видалити, вийнявши також зубні протези; за допомогою носовичка або краю сорочки вичистити порожнину рота. Обов'язково провести штучне дихання.

Виконання штучного дихання

Голову потерпілого відводять максимально назад і пальцями затискають ніс (або губи). Роблять глибокий вдих, притискають свої губи до губ потерпілого і швидко роблять глибокий видих йому до рота. Вдування повторюють кілька разів, з частотою 12-15 разів на хвилину. З гігієнічною метою рекомендується рот потерпілого прикрити шматками тканини (носовичок, бинт тощо). Якщо пошкоджене обличчя, проводити штучне дихання “із легенів у легені” неможливо, треба застосувати метод стиснення і розширення грудної клітки шляхом складання і притискання рук потерпілого до

грудної клітки з їх наступним розведенням у боки. Контроль за надходженням повітря з легенів потерпілого здійснюється за розширенням грудної клітки при кожному вдиху. Якщо після вдиху грудна клітка потерпілого не розправляється – це ознака непрохідності шляхів дихання. Найкраща прохідність шляхів дихання забезпечується за наявності трьох умов: максимального відведення голови назад; відкривання рота; висування вперед нижньої щелепи.

При появі у потерпілого перших слабких вдихів слід поєднати штучний вдих з початком самостійного вдиху. Штучне дихання слід проводити до відновлення глибокого ритмічного дихання.

Штучне дихання у більшості випадків треба робити одночасно з масажем серця.

Зовнішній масаж серця

Зовнішній масаж серця – це ритмічне стиснення серця між грудниною та хребтом. Треба знайти розпізнавальну точку – мечоподібний відросток груднини, – він знаходиться знизу грудної клітини над животом. Стати треба з лівого боку від потерпілого і покласти долоню однієї руки на нижню третину груднини, а поверх – долоню другої руки. Ритмічними рухами треба натискати на груднину (з частотою 60 разів на хвилину). Сила стиснення має бути такою, щоб груднина зміщувалась в глибину на 4-5 см. Масаж серця доцільно проводити паралельно зі штучним диханням, після чого після 2-3 штучних вдихів роблять 15 стискань грудної клітки. При правильному масажі серця під час натискання на груднину відчуватиметься легкий поштовх сонної артерії і звуться протягом кількох секунд зіниці, а також порожевіє шкіра обличчя і губи, з'являться самостійні вдихи.

### **6.3.2 Долікарська допомога при опіках**

Під час опіку людини полум'ям - потрібно швидко накинути на нього ковдру або широкий одяг, не закриваючи голову, щоб загасити полум'я. Також можна загасити вогонь водою. Тліючий одяг потрібно обережно розрізати і зняти.

При дрібних опіках поверхневого типу слід охолодити шкіру водою або льодом на 5-10 хвилин до стихання болю. У разі хімічного опіку та попадання на шкіру луги або кислоти потрібно промити хімікат під водою. При опіку лугом слід накласти на ушкоджену поверхню марлю, намочену столовим оцтом навпіл з водою, при опіку кислотою накладається пов'язка з розчину харчової соди (чайна ложка на склянку води).

### **6.3.3 Долікарська допомога при фізичному травмуванні**

Поранення – це ушкодження з порушеннями цілісності шкіри або слизової оболонки. Неприпустимо торкатися до рани руками, промивати її водою, засипати порошком тощо. Забруднену шкіру навколо рани протирають стерильною ватою, марлею, бинтом або тампоном із перев'язочного пакета. Навкруги рану змащують настоянкою йоду або «зеленкою» (попадаючи до рани, вони викликають опік і затримують заживання).

У разі відсутності медикаментів можна використовувати спирт, горілку, одеколон. Після обробки рану вкривають стерильною серветкою або марлею, поверх кладуть вату та бинтують. Якщо під рукою немає стерильного матеріалу, використовують чисту м'яку тканину, носовички, чистий одяг тощо. В такому випадку на ділянку тканини, що буде безпосередньо прилягати до рани, необхідно накапати кілька краплин йоду, але сильно змащувати не можна – йод може спричинити опік.

При підозрі на вивих обмежитися створенням спокою: на нижню кінцівку накласти шину, а верхню підвісити хустинкою на шию і якомога швидше доставити потерпілого до медичної установи. Вправлення вивиху потребує спеціальних знань, тому не слід намагатися зробити це самостійно.

Переломи можуть бути відкритими й закритими. При закритому переломі шкіра без ушкоджень, рана відсутня. Ознака перелому – різкий біль під час спроби руху ушкодженою кінцівкою. Перша допомога – забезпечити спокій та нерухомість місця перелому.

Для забезпечення нерухомості зламаної кінцівки застосовують спеціальні дротяні або фанерні (дерев'яні) шини. Шина повинна бути накладена так, щоб були надійно іммобілізовані два сусідні з місцем ушкодження суглоби (вище і нижче), а якщо перелом плеча або стегна, то три суглоби. Накладають шину поверх одягу, кладуть під неї що-небудь м'яке – вату, шарф, рушник. Накладену шину необхідно прикріпити до кінцівки бинтом, рушником, ремнем. Як шину можна використати дошку, палицю, лижу тощо. Таку імпровізовану шину необхідно покласти з двох протилежних сторін уздовж ушкодженої кінцівки й обгорнути бинтом. Шина повинна бути накладена так, щоб центр її знаходився на рівні, а кінці накладалися на сусідні суглоби по обидві сторони перелому. Фіксація відкритого перелому вимагає дотримання додаткових умов: не можна накладати шину на місце відкритого перелому, а слід прибинтовувати її поверх одягу (взуття) і, крім того, підкласти під неї що-небудь м'яке, попередньо зупинивши кровотечу.

При переломі ребер необхідно м'яко забинтувати груди або стягнути їх рушником під час видиху.

При ушкодженні тазу необхідно обережно стягнути його широким рушником, шматком тканини, покласти потерпілого на тверді носі (щит, широку дошку).

У разі травми голови необхідно покласти потерпілого, зробити йому на голову охолоджуючий компрес для запобігання удушення потерпілого у не свідомому стані від западання язика або блювотних мас його кладуть на бік або спину, при цьому голова має бути поверненою в бік.

Потрібно швидко й обережно очистити рот, висунувши вперед нижню щелепу, витягти язика. При першій можливості потерпілого треба негайно транспортувати до лікувального закладу.

#### **6.3.4 Долікарська допомога при отруєні чадним газом**



При отруєнні чадним газом, потерпілого необхідно винести на свіже повітря, покласти під голову подушку, розстебнути комір і пояс. Найкращий засіб при цьому отруєнні - довготривале вдихання кисню. Якщо є можливість, потрібно принести з аптечки кисневу подушку. На голову і груди кладуть холодний компрес і змочений холодною водою шматок тканини, рушника, носової хустинки. Якщо потерпілий при свідомості, його потрібно напоїти міцним чаєм, чи кавою. Ні в якому випадку не можна давати алкоголю. При втраченій свідомості, дають нюхати змочену нашатирним спиртом вату, але обережно, щоб не завдати опіків. Якщо потерпілий не дихає, або дихання швидко погіршується, потрібно зразу приступати до проведення штучного дихання за методом "рот в рот", або "рот в ніс".

Після надання першої допомоги потерпілого необхідно швидко відправити у лікарню, викликавши машину «швидкої медичної допомоги» за телефоном «103».

### **6.3.5 Пожежна безпека та профілактика**

Відповідно до вимог будівельних норм і правил і від характеру використовуваних у виробництві речовин і їхньої кількості проєктована котельня ставиться до виробництва категорії Г, вогнестійкість будинків котельні характеризується II ступенем вогнестійкості.

Найбільш частими причинами пожеж можуть бути:

- порушення правил пожежної безпеки;
- порушення правил зберігання горючих речовин, особливо поблизу нагрівальних приладів;
- порушення правил експлуатації електроустаткування;
- паління в не відведених для цих цілей місцях.

Вибухи й пожежі можуть відбутися при витоках газу через нещільності рознімних з'єднань газопроводів і арматур.

Загальні вимоги пожежної безпеки викладені в [13,19]: всі трубопроводи котельні з температурою поверхні вище 45°C ізолюють. Ізоляція виконана двошаровою: першим шаром є мінерало-ватний, а другий покривний матеріал - фольга.

Для продувки газопроводів передбачені продувні свічі й штуцери (вибираються залежно від діаметра вихідного отвору на трубопроводі) із запірними органами й заглушками для поводження продувного агента гнучким шлангом. Обмін забезпечується п'ятикратний не більш ніж за 20 хв. Продувні свічі виводяться вище даху котельні на 1 м.

Проектом реконструкції котельні передбачається установка клапана запобіжно-запірного електромагнітного газового КПЭГ Ду100 Саратовского ВАТ «Газаппарат» для контролю загазованості в котельні на уведенні газопроводу в котельню, що спрацьовує при перевищенні припустимих концентрацій токсичних і вибухонебезпечних газів у приміщенні котельні.

Котельні установки постачають наступними захистами й блокуваннями: на погашення факела, відключення всіх димососів, вентиляторів, повітропідігрівників. Запалювання пальників блокується без попередньої вентиляції топлення протягом 10...15 хв, подача палива повністю припиняється при закритому повітряному шибері або відключеному вентиляторі даного пальника. Подача палива блокується при хоча б одній незакритій засувці з електроприводом у пальника.

Передбачено пристрої захисту від блискавки в будівлі, їх споруджено і встатковано.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в котельні установлені спеціальні пожежні щити з набором: пінних вогнегасників ОХВП- 10-12шт.; вуглекислотних вогнегасників, ОУ- 5-3шт.; ящик з піском; щільне полотно; сокира; лом; багор; лопата. Щити розташовуються у легко доступних місцях, ближче до виходів із приміщень. На місцевому тепловому щиті кожного котла є два вуглекислотних вогнегасники ОУ- 5.

Кількість, розташування та умови зберігання вогнегасників відповідають ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-2007

У котельні влаштований протипожежний водопровід. Пожежні крани встановлені в приміщенні котельні.

Протипожежне водопостачання забезпечується наступними проектними рішеннями:

- загальна витрата води на площадці становить 10 л/с, з урахуванням потреб пожежогасіння;
- кількість одночасних пожеж – 1, тривалість гасіння пожежі - 3 години;
- пожежогасіння котельні приймається двострунним. Необхідний напір при внутрішньому пожежогасінні становить 16 м;
- пожежні крани до котельному відділенні розміщені на основних оцінках обслуговування;
- у допоміжних, санітарно - побутових приміщеннях котельні проектом передбачена пожежна сигналізація.

Для попередження руйнування устаткування при можливому нагромадженні природного газу на металевих газоходах від каналів до димаря встановлені підривні клапани.

Для пожежної сигналізації згідно ДБНВ.2.5-56-2014 застосовані пристрої охоронної сигналізації УОТС- 1- 1 працюючі з димовими й тепловими датчиками.

Датчики встановлюються на стелі. Пристрій охоронної сигналізації встановлюється в приміщенні чергового персоналу.

В робочих приміщеннях виконано усі вимоги НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

## **6.4 Висновки з розділу 6**

Проаналізовано потенційно шкідливі та небезпечні виробничі фактори при експлуатації котельні, що працює на пелетах. Визначено заходи і засоби безпеки та охорони праці обслуговуючого персоналу.



## ВИСНОВКИ

У данній магістерській дисертації був розроблений проект будівництва котельні на пелетах.

Котельня працює на паливі – пелетах. Загальна потужність котельні становить 150 кВт. Котельня має три контури теплопостачання: на радіаторне опалення, систему гарячого водопостачання та опалення та вентиляцію котельні.

Тепловою схемою передбачено отримання теплоносія – води з температурою 70-55 °С для опалення офісної будівлі та котельні, та з температурою 55 °С для гарячого водопостачання офісної будівлі.

Максимальна витрата теплоти на опалення будівлі складає –0,118 МВт,

Розрахунок теплової схеми котельні був виконаний для того, щоб вибрати встановленню потужність котлів, які встановлюються, та допоміжного обладнання. Було обрано один водогрійний котел «Prom Combi», потужністю 0,15 МВт виробництва фірми «Kronas» працюючий на пелетах.

Для данної водогрійної котельні були підібрані:

- насос рециркуляції котлової води - 1 шт., фірми «Grundfos», тип UPS 40-120 F, із подачею – 9 м<sup>3</sup>/год, та напір – 12 м.в.ст.;

- насос для підживлення – 2шт., один робочий, один резервний, фірми «Grundfos», тип HydroJet JP 5 A-A CVBP, із подачею -4 м<sup>3</sup>/год, напір – 40 м.в.ст., діафрагменний бак – 24 л;

- насос контуру опалення котельні – 1 шт., один робочий, фірми «Grundfos», тип UPS 25-100 180, із подачею – 2 м<sup>3</sup>/год, та напір – 8 м.в.ст.;

- насос системи теплопостачання – 2 шт., один робочий, один резервний, фірми «Grundfos», тип 40-230/2, із подачею – 12 м<sup>3</sup>/год, та напір – 17 м.в.ст.;

Опалення приміщення котельні здійснюється за рахунок тепловиділень від технологічного обладнання, трубопроводів та тепло вентилятора системи опалення котельні VR Mini фірми «Volcano».

При проведенні аварійних робіт, проектом передбачено опалення котельні від електричних конвекторів.

Для системи опалення розраховано розширювальний бак. Його об'єм становить 0,2 м<sup>3</sup>. Було підібрано розширювальний бак фірми «Reflex», марки Reflex G. В проекті передбачено аварійне підживлення системи необробленою водою з водопроводу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко М. Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало – К.; ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 192 с.
2. СНиП 2.04.05-91\*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Издание неофициальное, Киев. : КиевЗНИИЭП, 1996 - с. 89

3. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче / Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел – Изд. 3-е перераб. и доп. М., «Энергия», 1975, - 280 с.
4. Ривкин С. Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров – М.; Энергия, 1980. – 424 с.
5. Бузников Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф.Бузников, К.Ф. Родатис, Э.Я. Берзиныш – М.: Энергоиздат, 1984.-248 с.
6. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик, М.О. Штейнберг – М., "Машиностроение", 1992
7. Жидецкий В.Ц. Практикум із охорони праці: навч. посіб. / В.Ц. Жидецкий В.С. Джигирей, В.М. Сторожук – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
8. Бедрій Я.І. Охорона праці: навч. посіб. / Я.І. Бедрій, В.С. Джигирей, А.І. Кидасюк – Львів: ПТВФ «Афіша», 1997. – 258 с.
9. СНиП II-35-76. «Котельные установки».
10. ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».
11. СН 245-71. «Санитарные нормы проектирования промышленных помещений».
12. ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму ультразвуку та інфразвуку».
13. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования».

## Додаток А

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан теплоенергетичного  
факультету КПІ ім. Ігоря  
Сікорського

### ЗАТВЕРДЖУЮ

(керівник підприємства,  
організації)

\_\_\_\_\_ Є.М. Письменний  
(підпис) (ініціали,  
прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис) (ініціали,  
прізвище)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектно-конструкторську розробку

«Твердопаливна котельня на пелетах для теплопостачання офісної будівлі у м. Києві»

### 1. Термін виконання роботи

Початок – 01.09. 2019 р.

Закінчення – 16.12. 2019 р.

### 2. Обґрунтування для виконання роботи

Офісна будівля у м. Києві потребує безперебійного теплопостачання для власних потреб. Дана обставина потребує уточнення теплових навантажень споживачів та теплової схеми котельні з відповідними розрахунками.

### 3. Мета роботи

Будівництво котельні з метою безперебійного теплопостачання працівників офісної будівлі гарячою водою на системи опалення та гаряче водопостачання.

#### 4. *Зміст основних етапів виконання роботи*

Розрахунки теплових навантажень споживачів.

Розрахунки теплової схеми котельні.

Вибір основного та допоміжного обладнання котельні.

Водопідготовка котельні.

Аеродинамічні розрахунки газового тракту котельні.

Графічний матеріал:

- теплова схема котельні;

- розміщення обладнання та трубопроводів в котельні;

#### 5. *Матеріали, що подаються після закінчення роботи*

5.1. Пояснювальна записка (текстова частина магістерської дисертації).

5.2. Креслення.

5.3. Довідка про впровадження результатів.

#### 6. *Порядок розгляду і приймання роботи*

Результати роботи розглядаються на засіданні ЕК із захисту атестаційних робіт освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», освітньо-професійною програмою «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження».

Керівник роботи

Виконавець

Студент гр. ТП-81мп  
ТЕФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

\_\_\_\_\_  
(підпис) доц. І.О. Назарова  
прізвище) (посада, ініціали,

\_\_\_\_\_  
(підпис) О.В. Мухін  
(ініціали, прізвище)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

## **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор представництва

(керівник підприємства, організації)

\_\_\_\_\_ (підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

## **АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

результатів магістерської дисертації

студента КПІ ім. Ігоря Сікорського Мухіна Олександра Вікторовича

Результати магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра студента теплоенергетичного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського Мухіна О.В. на тему «Твердопаливна котельня на пелетах для теплопостачання офісної будівлі у м. Києві» упроваджені в представництві «\_\_\_\_\_» в частині розрахунків теплових навантажень споживачів, розрахунків теплової схеми котельні, розрахунків та вибору основного та допоміжного обладнання котельні, розрахунків та вибору обладнання водопідготовки.

Головний інженер проекту

\_\_\_\_\_ (підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

Додаток В



Власник документу:  
Гавриш Андрій Сергійович

ID перевірки:  
1000752803

Дата перевірки:  
10.12.2019 12:32:29 GMT+0

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
10.12.2019 12:33:27 GMT+0

ID користувача:  
77138

Назва документу: Мухин\_81мл

ID файлу: 1000764768 Кількість сторінок: 8 Кількість слів: 1320 Кількість символів: 9290 Розмір файлу: 52.37 KB

## 5.23% Схожість

Найбільша схожість: 1.59% з джерело [https://kronas.ua/uploads/pdf/KronasManual\\_Unic.pdf](https://kronas.ua/uploads/pdf/KronasManual_Unic.pdf)

2.58% Схожість з Інтернет джерелами

5

Page 10

4.32% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту

75

Page 10

## 0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

## 0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

## Підміна символів

Заміна символів

7

**СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ** Мухіна Олександра Вікторовича  
(прізвище, ім'я, по-батькові студента)

№ з/п	Найменування праць	Рукописні або друковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5	6
1	Використання біомаси як палива в муніципальному секторі України (тези)	друк.	Матеріали XVII Міжнар. наук.-практ. конференції молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 23–26 квітня 2019 р., у 2 т. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – Т.1, С.256	1 с	Назарова І.О.

Список наукових праць Мухіна О.В.: всього 1 найменування наведені на 1 сторінці.

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію	2	
2	A4	ТП 81мп 43 07 ПЗ	Пояснювальна записка	63	
3	A1	ТП 81мп 43 07 001 ТМК	Теплова схема	1	
4	A1	ТП 81мп 43 07 002 ТМК	Розміщення обладнання. План на відм. 0,000	1	
5	A1	ТП 81мп 43 07 003 ТМК	Розміщення обладнання. Розріз 2-2	1	
6	A1	ТП 81мп 43 07 004 ТМК	Розміщення обладнання. Розріз В-В	1	
7	A1	ТП 81мп 43 07 005 ТМК			
7	A3	ТП 51 60 011 ТМК.С	Специфікація	1	

				ТП 43 07 011		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Аркуш	Аркушів
Студент	Мухін					1
Керівн.	Назарова				КПІ ім. Ігоря Сікорського, Каф. ТПТ, Гр. ТП – 81мп	
Консульт.	-					
Н.контр.	Боженко					
Зав.каф.	Варламов					